

А. В. БЕЗРУКОВ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ СВЯЗНОЙ ПРИЕМНИК

ББК 37.3
6Ф2.9
УДК 621.396.7

Безруков А. В.

Б39 Любительский связной приемник. — М.: Радио и связь, 1983. — 40 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1058).

25 к.

Описаны схема, конструкция и порядок настройки любительского связного КВ приемника, разработанного автором с учетом современных требований.

Для широкого круга радиолюбителей.

Б $\frac{2402020000-011}{046(01)-83}$ 152—83 **ББК 37.3 6Ф2.9**

РЕЦЕНЗЕНТ канд. техн. наук Б. Г. СТЕПАНОВ

Редакция научно-популярной литературы и массовой радиобиблиотеки

Предисловие

Число радиолюбителей-коротковолновиков в нашей стране непрерывно растет. Год от года все больше позывных любительских радиостанций звучит в эфире. Увеличение числа одновременно работающих станций привело к резкому повышению взаимных помех. В связи с этим изменились требования к аппаратуре и прежде всего к приемнику любительской радиостанции. На первое место выдвинулись вопросы повышения линейности входных каскадов связного приемника.

В книге рассматриваются нежелательные нелинейные эффекты, возникающие в высокочастотном тракте приемника, и обсуждаются те методы уменьшения их воздействия, которые были использованы при разработке приемника «База». Автор стремился создать конструкцию, отвечающую современным требованиям и в то же время доступную для широкого повторения. В качестве критериев повторяемости были выбраны: доступность электронных приборов, простота механической конструкции, настройки и регулировки. Наряду с подробным описанием схемы приемника и его конструкции рассказано также об особенностях монтажа и настройки приемника.

Радиоприемник «База» экспонировался на XXVII Московской городской выставке творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ. Радиоприемник использовался автором на радиостанции UA3AKS. На XXX Всесоюзной и XXVIII Московской городской выставке демонстрировался новый модернизированный вариант — радиоприемник «База-М». Эксплуатация приемников показала, что они надежны в работе, просты и удобны в обращении.

Автор с благодарностью примет замечания читателей, которые следует направлять по адресу: 101000, Москва, Главпочтамт, а/я 693, издательство «Радио и связь», редакция научно-популярной литературы и массовой радиобиблиотеки.

Автор

ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРИЕМНИКА «БАЗА»

Чувствительность приемника

Чувствительность связного приемника — один из его главных параметров. Современные электронные приборы позволяют создавать КВ приемники с чувствительностью около 0,1 мкВ. Но есть ли в этом реальная необходимость?

Радиолюбителю, ведущему наблюдение за работой радиостанций в КВ диапазонах или самому работающему в эфире, хорошо известно о высокой интенсивности внешних помех. Даже в отсутствие сигналов мешающих радиостанций на вход приемника с антенны поступают атмосферные и галактические шумы, а также шумы, вызванные работой различных электрических машин, транспорта, излучением линий электропередач.

Напряжения шумов, поступающих на вход приемника, имеющего входное сопротивление 75 Ом и полосу пропускания тракта ПЧ 3 кГц, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Шум	Напряжение шумов на входе приемника, мкВ					
	Диапазон, м					
	160	80	40	20	14	10
Галактический	4,8	3,2	1,5	0,48	0,36	0,23
Атмосферный днем	0,65	0,43	0,86	0,79	0,23	0,10
Атмосферный ночью	69	19	3,2	0,29	0,10	0,10
Промышленный в пригороде	40	19	10	4,8	2,9	1,3

При анализе реальной чувствительности требуется учитывать влияние соединительной линии между антенной и приемником. Воспользовавшись известной формулой для общего коэффициента шума нескольких каскадов, соединенных последовательно, можно записать

$$F_{общ}=F_{с.л}+(F_{пр}-1)/K_P,$$

где $F_{общ}$ — коэффициент шума системы «соединительная линия+приемник»; $F_{с.л}$ — коэффициент шума соединительной линии; $F_{пр}$ — коэффициент шума приемника; K_P — коэффициент передачи по мощности соединительной линии.

Если принять температуру соединительной линии, равной T_0, общий коэффициент шума системы, определится следующим выражением:

$$F_{общ}=LF_{пр},$$

где L — затухание соединительной линии.

Например, для соединительной линии длиной 40 м, выполненной из коаксиального кабеля РК-75-4-15 (РК-1) с погонным затуханием 0,072 дБ/м, затухание L составит 2,88 дБ, 1,94 раза. Если коэффициент шума приемника $F_{пр}=100$, то коэффициент шума всей системы составит 194.

Чтобы существенно не ухудшить отношение сигнал/шум на входе соединительной линии, поставим условие $F_{общ}=0,1F_A$. Воспользовавшись данными табл. 1, рассчитаем соответствующие коэффициенты шума и чувствительность приемника при отношении (сигнал+шум)/шум, равном 3 : 1. Для приемника,

имеющего соединительную линию длиной 40 м, выполненную из коаксиального кабеля РК-75-4-15. Результаты расчета, проведенного автором, даны в табл. 2.

Таблица 2 содержит данные, которые могут служить ориентиром при выборе чувствительности коротковолнового связного приемника. Эти данные получены в предположении, что для приемника использована настроенная антенна с горизонтальным излучением (что имеет место в подавляющем большинстве случаев).

Таблица 2

Параметр	Диапазон, м					
	160	80	40	20	14	10
$F_{общ}$	$3\cdot10^3$	10^3	$2,4\cdot10^2$	$1,3\cdot10^2$	22	10
$F'_{общ}$	$2\cdot10^5$	$4\cdot10^4$	10^4	$2\cdot10^3$	10^3	$2\cdot10^2$
$F_{пр}$	$1,5\cdot10^3$	$5\cdot10^2$	$1,2\cdot10^2$	65	11	5
$F'_{пр}$	10^5	$2\cdot10^4$	$5\cdot10^3$	10^3	$5\cdot10^2$	10^2
S, мкВ	3,8	2,2	1,0	0,54	0,29	0,15
S', мкВ	29	14	6,5	2,6	2,0	0,65

Как видно из табл. 2, даже при использовании приемника на значительном расстоянии от города и от источников промышленных помех (линий электропередач, автомобильных или железных дорог и т. д.) не имеет смысла выбирать его чувствительность (S' — чувствительность приемника в городе; S — за городом, аналогично для коэффициента шума) выше 4 мкВ в диапазоне 160 м и соответственно выше 0,2 мкВ в диапазоне 10 м из-за высокого уровня внешних шумов. В пригороде, а тем более в городе высокая чувствительность практически не нужна, но в то же время стремление к ее обеспечению может привести к существенному ухудшению селективности приемника. В городских условиях можно выбирать более низкую чувствительность: от 30 мкВ в диапазоне 160 м до 0,6—0,7 мкВ в диапазоне 10 м.

Следует учесть, что данные табл. 2 получены с учетом воздействия на антенну суммарного шума. Значения чувствительности соответствуют значениям напряжения сигнала на входе приемника. В радиолюбительской практике чувствительность приемника, как правило, измеряется генераторами, имеющими градуированные внутренние аттенюаторы (например, генераторами стандартных сигналов ГСС-6, Г4-18). Показания генератора соответствуют примерно половине напряжения сигнала на входе приемника. Например, в табл. 2 для диапазона 40 м приведено значение 1 мкВ. При использовании для измерения чувствительности генератора ГСС-6 и резистора 75 Ом в качестве эквивалента антенны значение чувствительности 1 мкВ соответствует показаниям генератора 2 мкВ.

Помехи от перекрестной и взаимной модуляции

Для оценки селективность приемника, радиолюбители чаще всего подают на его вход сигнал от генератора и, изменяя частоту генератора, измеряют сигнал на выходе приемника. Таким образом можно получить односигнальную характеристику селективности, т. е. определить ослабление мешающих сигналов по соседнему и зеркальному каналам, промежуточным частотам и побочным каналам приема. В реальных условиях при наличии сильных мешающих сигналов селективность приемника оказывается значительно ниже. В чем же причина этого?

Как известно, проходные характеристики электронных приборов значительно отличаются от прямых линий. Если подать на вход элемента с нелинейной характеристикой сигнал, то на выходе его форма будет искажена. Для оценки возникающих при этом явлений необходимо выяснить эффекты влияния нелинейности характеристики активного элемента каскада, которую можно приближенно описать следующим степенным рядом:

$$I = a_0 + a_1u + a_2u^2 + a_3u^3 + \dots + a_nu^n, \quad (1)$$

где I — ток лампы или транзистора; u — напряжение смещения; a_n — постоянные коэффициенты.

Если ограничиться случаем $n=3$, то взаимодействие двух сигналов с частотами f_1 и f_2 на элементе, характеристика которого описывается выражением (1), дает следующие результаты. Полный спектр выходного сигнала будет иметь составляющие с частотами f_1, f_2, f_1+f_2, f_1-f_2, $2f_1$, $2f_2$, $2f_1+f_2$, $2f_1-f_2$, $3f_1$, $3f_2$, f_1+2f_2, f_1-2f_2.

Кроме того, модуляция одного сигнала налагается на модуляцию другого. Это явление называется перекрестной модуляцией. Радиолюбителям, проживающим вблизи мощных передающих станций, кажется, что наряду с полезным сигналом, принимается и сигнал помехи, хотя частоты сигналов на самом деле не равны и могут значительно различаться.

Следует подчеркнуть, что перекрестная модуляция, в отличие от других видов помех наблюдается только при приеме полезного сигнала или его несущей.

В качестве иллюстрации приведем данные, полученные для одного из широко распространенных среди радиолюбителей типов профессиональных связных приемников. Измерялся коэффициент перекрестной модуляции немодулированного сигнала амплитудой около 1 мкВ на частоте 14 МГц. Помеха превышала полезный сигнал на 80 дБ по напряжению, коэффициент модуляции сигнала помехи был установлен 30%. При разности частот сигнала и помехи 85 кГц коэффициент модуляции полезного сигнала был равен 10%. При приближении частоты помехи к частоте полезного сигнала коэффициент перекрестной модуляции быстро увеличивался и при разности частот сигнала и помехи 60 кГц достигал 20%. Усиление приемника по ВЧ тракту во время измерений было установлено максимальным при выключенной системе АРУ.

Другим проявлением нелинейности ВЧ тракта приемника является взаимная модуляция. Рассмотрим этот эффект для случая двух сигналов. При аппроксимации проходной характеристики элемента степенным рядом с наивысшей степенью n все возможные комбинационные частоты

$$f_к=bf_1+cf_2, \quad (2)$$

где b и c могут быть как положительными, так и отрицательными целыми числами, причем перебираются все значения b и c, для которых $b+c=n$. Эти комбинационные частоты называются составляющими взаимной модуляции. Сумма модулей коэффициентов b и c, определяющих конкретную составляющую, называется порядком этой составляющей.

Если составляющая взаимной модуляции совпадает с частотой приема, частотой зеркального канала или промежуточной частотой, мы восприсмем ее как сигнал помехи.

При малых n частоты мешающих сигналов лежат достаточно далеко от частоты настройки приемника $f_{пр}$. Эти сигналы хорошо ослабляются входными цепями приемника. Исключением является лишь случай $2f_1-f_2$ при $f_1 \approx f_2 \approx f_{пр}$. С ростом порядка составляющих, т. е. при больших значениях коэффициентов b и c, амплитуда составляющей взаимной модуляции быстро падает. Тем не менее при достаточно больших амплитудах мешающих сигналов помехи от взаимной модуляции становятся весьма ощутимыми.

Мы рассмотрели два наиболее важных случая проявления нелинейности амплитудных характеристик ВЧ тракта приемника. Все мероприятия, направленные на снижение помех от перекрестной и взаимной модуляции, одновременно эффективны и против других вредных нелинейных эффектов, таких как «блокирование», ухудшение разборчивости телефонного сигнала.

Наиболее полно нелинейные эффекты рассмотрены в [1].

Динамический диапазон приемника

Рост числа любительских станций резко повышает вероятность появления мощных мешающих сигналов вблизи частоты приема. Если приемник был спроектирован и построен без учета влияния нелинейных эффектов, то зачастую прием полезного сигнала становится невозможным. При разработке

приемников, предназначенных для любительской связи, необходимо уделять особое внимание повышению линейности входных каскадов.

Теоретическое рассмотрение нелинейных эффектов дает следующий коэффициент перекрестной модуляции [3]:

$$k_{\text{пер}}=3\frac{a_3}{a_1}m_2 E^2{}_2, \quad (3)$$

где a_1 и a_3 — постоянные коэффициенты степенного ряда, приближенно описывающего характеристику электронного прибора; m_2 — коэффициент модуляции мешающего сигнала; m_1 — коэффициент модуляции полезного сигнала; E_2 — амплитуда мешающего сигнала.

В приведенной формуле присутствует множитель a_3/a_1. Отношение a_3/a_1 входит также в выражение для амплитуды составляющей взаимной модуляции третьего порядка. Это позволяет использовать указанное отношение в качестве критерия при выборе электронного прибора.

Расширение динамического диапазона каскада связано с выбором его активного элемента (лампы, транзистора) с возможно меньшим параметром a_3/a_1. В табл. 3 приведены значения указанного параметра для отдельных экземпляров активных элементов.

Таблица 3

Тип	6С3П	6К13П	ГТ308В	ГТ311И	ГТ313Б	КТ911Б	КП302А
a_3/a_1	0,06	0,01	52	18	10	3	0,02

Рассмотрим другие способы расширения динамического диапазона приемника. Наиболее наглядно их можно проиллюстрировать на примере перекрестной модуляции. В формулу (3) для коэффициента перекрестной модуляции амплитуда сигнала помехи E_2 входит в квадрате. Из этого факта можно сделать следующие выводы:

1. *Необходимо повышать селективность всего тракта УВЧ и особенно входных цепей.* Это требование справедливо, когда полезный сигнал и сигнал помехи различаются по частоте. Благодаря ослаблению сигнала помехи за счет селективности входных цепей коэффициент перекрестной модуляции снижается.

Идеальным является случай, когда полоса пропускания входных цепей совпадает с шириной спектра полезного сигнала. Реально это достигается применением ВЧ кварцевых фильтров на входе приемника. Однако такое решение связано со значительными затратами. Например, для перекрытия только *SSB*-участка любительского диапазона 80 м потребуется 17 сменных или переключаемых фильтров. Поэтому этот путь борьбы с рассматриваемыми нелинейными эффектами для большинства коротковолновиков недоступен.

Следует отметить, что применение во входных цепях приемника катушек индуктивности обычных конструкций не может улучшить селективность приемника. Действительно, если даже принять добротность колебательного контура с учетом нагрузки его антенной и последующим каскадом равной 100, то на частоте 7 МГц его полоса пропускания по уровню —3 дБ составит 70 кГц, или 70% ширины всего диапазона частот, отведенных для любительской связи. При двух критически связанных контурах полоса пропускания составит уже 100% всего любительского диапазона.

Аналогичная, хотя и не столь яркая картина имеет место и на других любительских диапазонах. В общем, можно сказать, что перестройка контуров по частоте не даст ощутимого выигрыша, но зато приведет к значительному усложнению конструкции приемника. Более того, совершенно ясно, что даже применение перестраиваемых контуров обычной конструкции практически не может обеспечить расширение динамического диапазона приемника. Имея это в виду, можно избежать неоправданного усложнения конструкции приемника и выполнять входные цепи в виде неперестраиваемых полосовых фильтров, эффективно ослабляющих сигналы мешающих станций, работающих вне любительских диапазонов.

2. *Необходимо иметь аттенюатор на входе приемника.* Действительно, при одновременном ослаблении полезного сигнала и сигнала помехи в n раз коэффициент перекрестной модуляции снижается в n^2 раз. Ослабление уровня полезного сигнала часто удается скомпенсировать повышением усиления трактов ПЧ и НЧ.

В простейшем случае в качестве аттенюатора можно использовать непроволочный переменный резистор. Аттенюатор может быть также ступенчатым, например с П-образными звеньями.

3. *Необходимо иметь невысокий коэффициент усиления усилителя ВЧ.* Действительно, если сигнал помехи недостаточно подавлен во входных цепях, то усиление его в тракте ВЧ приведет к еще большему проявлению нелинейных эффектов смесителе, являющемся, как известно, принципиально нелинейным каскадом.

Усилитель ВЧ, вообще говоря, не является необходимым для связного приемника. Как было показано выше, уровень бытовых, индустриальных, атмосферных и космических помех в КВ диапазоне велик и препятствует реализации потенциально высокой чувствительности приемника, особенно в диапазоне 160, 80 и 40 м. При использовании схем смесителей с невысоким уровнем собственных шумов возможно построение связного приемника без усилителя ВЧ. Здесь отсутствие усиления для смесителя компенсируется повышением усиления трактов ПЧ и НЧ. В качестве иллюстрации можно привести приемник «База», описываемый в этой брошюре. При работе приемника в диапазоне 160, 80 и 40 м усилитель ВЧ приемника отключается.

Итак, можно сделать вывод, что для КВ приемника расширение динамического диапазона заключается в подъеме его верхней границы.

4. *Необходимо правильно выбирать режим работы активного элемента.* Можно показать (см., например, [1]), что для активного элемента усилителя ВЧ существует область постоянных напряжений на управляющем электроде (область напряжений смещения), в которой коэффициент перекрестной модуляции минимален. Для полевых транзисторов и особенно для ламп эта область оказывается довольно узкой и изменяется как от экземпляра к экземпляру, так и в процессе эксплуатации.

Рассмотрим теперь, как меняется отношение a_3/a_1 для семейства проходных характеристик, снятых при разных значениях напряжения питания. Экспериментальные данные для полевого транзистора КП302А и биполярного транзистора ГТ308В приведены в табл. 4.

Таблица 4

$U_{КЭ}$, $U_{СИ}$, В	a_3/a_1		$U_{КЭ}$, $U_{СИ}$, В	a_3/a_1	
	КП302А	ГТ308В		КП302А	ГТ308В
2	0,004	53	10	—0,003	52
4	0,007	53	12	—0,002	—
7	—	53	13	—0,02	52
8	—0,001	—			

Из табл. 4 следует, что уровень перекрестных помех зависит не только от выбора рабочей точки активного элемента, но и от питающего напряжения. Последний фактор существен для полевого транзистора, но слабо проявляется в случае биполярных транзисторов. Поэтому рекомендуется подбирать режим работы активного элемента. Целесообразно в конструкции приемника предусмотреть соответствующие регулировки. Выбор режима работы обычно является заключительным этапом в процессе настройки приемника по минимуму перекрестной или взаимной модуляции, наблюдаемой на выходе приемника.

Преобразовательный каскад принципиально должен быть нелинейным и в большинстве случаев перед ним стоит УВЧ, поэтому следует ожидать, что вредные нелинейные эффекты в преобразователе частоты должны быть выражены наиболее ярко.

Практические рекомендации по настройке смесительного каскада аналогичны рекомендациям для УВЧ и заключаются в том, чтобы была предусмотрена возможность регулировки его режима работы. Следует также подобрать оптимальное напряжение гетеродина.

В значительно меньшей степени нежелательные нелинейные эффекты проявляются в смесителях мультипликативного типа, т. е. в таких, в которых полезный сигнал и сигнал гетеродина подаются на разные электроды. Примером могут служить смеситель на гептоде или смесители на двухзатворных полевых транзисторах, которые используются в приемнике «База».

РАДИОПРИЕМНИК «БАЗА»

Радиоприемник «База» предназначен для использования в любительской КВ связи.

Основные параметры приемника следующие.

Диапазоны рабочих частот: 1,85—1,95; 3,5—3,65; 7,0—7,1; 14,0—14,35; 21,0—21,45 МГц.

Чувствительность при отношении «сигнал+шум/шум» 3 : 1 в диапазоне 160 м 10 мкВ, 80 м — 5 мкВ, 40 м — 4 мкВ, 20 м — 2 мкВ, 14 м — 1,5 мкВ.

Полоса пропускания тракта основной селекции по уровню — 6 дБ — около 3 кГц, по уровню —60 дБ — около 5 кГц.

Подавление сигналов первой ПЧ со входа антенны в диапазоне 40 м не менее 50 дБ, в остальных диапазонах — не менее 60 дБ. Подавление сигналов второй ПЧ со входа антенны — не менее 60 дБ.

Амплитуда каждого из двух входных сигналов, создающих пересчитанную на вход помеху от взаимной модуляции напряжением 1,5 мкВ — не менее 5 мВ (диапазон 14 м).

Ослабление чувствительности приемника на частотах дополнительных каналов приема, кроме указанных, — не менее 60 дБ.

Диапазон АРУ при изменении выходного сигнала на 6 дБ — около 60 дБ.

Максимальная неискаженная мощность НЧ полезного сигнала на выходе приемника — не менее 0,5 Вт.

Нестабильность частоты после получасового прогрева — не более 100 Гц/ч.

Погрешность установки частоты при проведении калибровки частоты по ближайшей метке собственного кварцевого калибратора — не более 3 кГц.

Цена деления шкалы 10 кГц.

Максимальное изменение частоты настройки электрическим верньером «RIT» ±3 кГц в нижней части диапазона приемника и ±5 кГц в верхней части диапазона.

Приемник «База» конструктивно оформлен в одном блоке (рис. 1). Габариты приемника 325×180×225 мм.

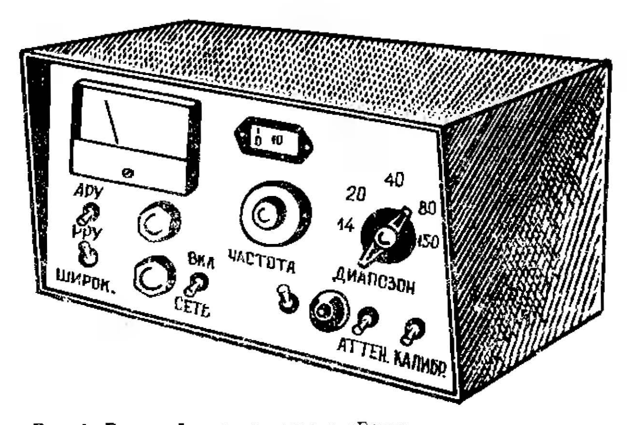


Рис. 1. Внешний вид приемника «База»

На лицевую панель приемника выведено 10 органов управления, в том числе ручки основной настройки приемника «Частота» электрического верньера «RIT» и переключателя «Диапазон». На передней панели находятся также тумблеры «АРУ/РРУ» и «Полоса НЧ широкая/узкая», пользоваться которыми приходится редко; ручки «РРУ» и «Усиление НЧ», тумблеры «Сеть», «Аттен.» и «Калибр.».

Шкала настройки приемника и индикатор S-метра расположены так, что обеспечивают оператору удобство обзора. Подсветка шкалы отсутствует, поэтому для облегчения считывания деления шкалы выполнены черным цветом на белом фоне.

Передняя панель и кожух приемника окрашены в цвет слоновой кости. Обозначения органов управления на панели выгравированы и заполнены черной краской.

Структурная схема

Структурная схема приемника «База» приведена на рис. 2. Условно структурную схему можно разделить на две части: ВЧ конвертер (верхняя половина схемы) и интерполяционный приемник. Рассмотрим прохождение принимаемого сигнала по трактам приемника.

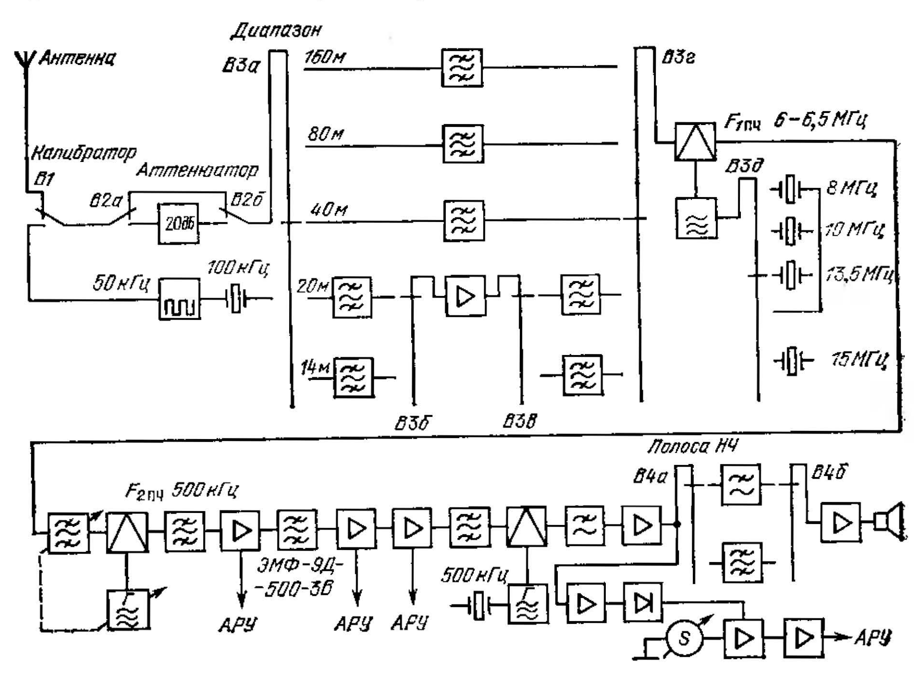


Рис. 2. Структурная схема приемника «База»

От антенны сигнал через переключатель *В1* («Калибратор») поступает на переключатель *В2* («Аттенюатор»). В зависимости от положения аттенюатора сигнал ослабляется или проходит без ослабления. Далее сигнал поступает на переключатель диапазонов *В3*. При работе приемника в диапазонах 160, 80 и 40 м сигнал проходит через трехзвенный фильтр, минуя усилитель ВЧ. В положениях переключателя *В3* «20 м», «14 м» ВЧ сигнал через двухзвенный полосовой фильтр поступает на вход усилителя ВЧ, а с его выхода через двухзвенный полосовой фильтр — на вход смесительного каскада. Все перечисленные полосовые фильтры не перестраиваются по частоте.

В смесительном каскаде сигнал переносится на частоту первой ПЧ, которая выбрана переменной и изменяется от 6 до 6,5 МГц. Первый гетеродин приемника работает на фиксированных частотах, стабилизированных кварцевыми резонаторами. В диапазонах 160, 80 и 40 м любительские радиостанции обычно работают с излучением нижней боковой полосы, а в других диапазонах — с излучением верхней боковой полосы. Поэтому, учитывая выделение верхней боковой полосы на выходе тракта усилителя ПЧ, частота первого гетеродина в диапазонах 80 и 40 м выбрана выше частоты принимаемого сигнала. Шкала приемника на этих диапазонах оказывается обратной. С выхода смесителя конвертера сигнал через коаксиальный кабель поступает на вход интерполяционного приемника.

На входе интерполяционного приемника включен двухзвенный полосовой фильтр, перестраиваемый одновременно со вторым гетеродином. В смесителе приемника сигнал с переменной первой ПЧ (6—6,5 МГц) переносится на фиксированную вторую ПЧ (500 кГц). С выхода смесителя сигнал поступает на первый каскад усиления второй ПЧ, на выходе которого включен электромеханический фильтр, определяющий селективность всего приемника по соседнему каналу. За фильтром следуют два каскада усиления второй ПЧ. С выхода тракта усиления второй ПЧ сигнал поступает на детектор смесительного типа, на выходе которого с помощью фильтра нижних частот выделяется НЧ сигнал. Этот сигнал усиливается однокаскадным предварительным усилителем НЧ и поступает на переключатель *B4*, которым включается пассивный фильтр нижних частот («Полоса НЧ широкая») или полосовой фильтр тракта НЧ («Полоса НЧ узкая»). Первый фильтр используется при приеме однополосных, а второй — при приеме телеграфных сигналов. После фильтров сигнал поступает на вход основного усилителя НЧ, к выходу которого можно подключить динамический громкоговоритель или головные телефоны.

Для работы цепи АРУ приемника используется усиленный НЧ сигнал. С выхода предварительного усилителя НЧ сигнал поступает на вход трехкаскадного усилителя НЧ системы АРУ, выпрямляется и усиливается двухкаскадным усилителем постоянного тока (УПТ). С выхода второго каскада УПТ регулирующее постоянное напряжение поступает на каскады усиления второй ПЧ. Предусмотрена также возможность ручной регулировки усиления (РРУ).

Для индикации уровня принимаемого сигнала в приемнике имеется S-метр, использующий для своей работы постоянное напряжение, снимаемое с первого каскада УПТ системы АРУ.

Для проверки градуировки шкалы в приемнике используется кварцевый калибратор, создающий сетку частот с шагом 50 кГц.

Принципиальная схема

Большинство деталей приемника размещено на семи печатных платах. Каждая плата представляет собой законченный функциональный узел.

Плата УНЧ-АРУ (плата 1). На этой плате (рис. 3) размещены полосовой фильтр НЧ, фильтр нижних частот, основной усилитель НЧ, усилитель НЧ системы АРУ и УПТ системы АРУ.

Сигнал на плату *1* поступает с каскада предварительного усиления НЧ, находящегося на плате *2*. Через переключатель *B1* («Полоса НЧ узкая — широкая») сигнал НЧ подается на полосовой фильтр НЧ или фильтр нижних частот.

Полосовой фильтр НЧ состоит из трансформаторов *1Тр1* и *1Тр2* и конденсаторов *1С5—1С7* и представляет собой два связанных колебательных контура. Фильтр имеет полосу пропускания 300 Гц по уровню —3 дБ и около 1,5 кГц по уровню —20 дБ с максимальным коэффициентом передачи на частоте около 700 Гц. Несмотря на простоту, фильтр хорошо зарекомендовал себя на практике. При приеме телеграфных сигналов фильтр включается переводом тумблера *B1* в положение «Узкая».

Фильтр нижних частот состоит из трех последовательно включенных П-образных *RC*-звеньев (*1R1—1R3, 1С1—1С4*) и используется при приеме однополосных сигналов.

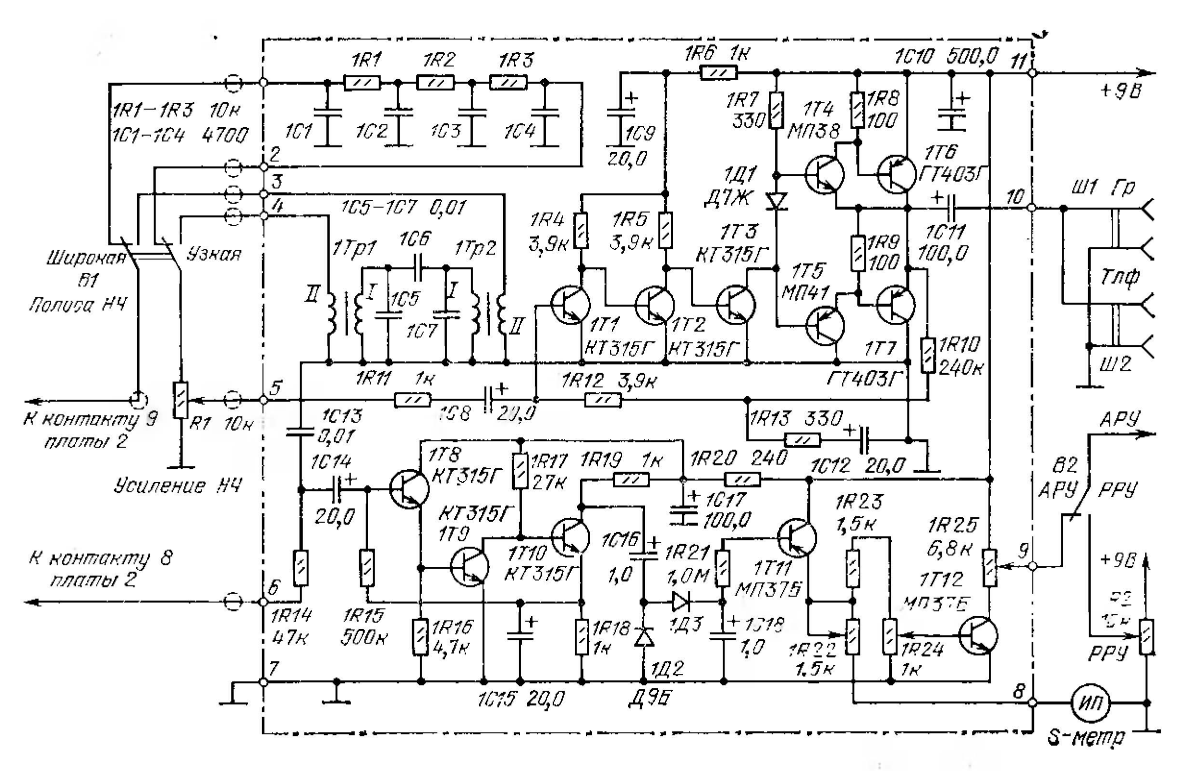


Рис. 3. Принципиальная схема платы усилителя НЧ-АРУ

С выхода описанных фильтров сигнал НЧ поступает на потенциометр *R1* («Усиление НЧ»), а с него — на вход основного УНЧ (контакт *5* платы 1). Основной усилитель НЧ состоит из трехкаскадного усилителя НЧ и усилителя мощности НЧ. Усилитель напряжения НЧ собран на транзисторах *1Т1—1Т3* по схеме с непосредственной связью между каскадами. Питание первых двух каскадов производится через развязывающий *RC*-фильтр (*1R6, 1С9*). Усилитель мощности НЧ собран на транзисторах *1Т4—1Т7*. Начальное смещение задается в результате падения напряжения на открытом *р—n*-переходе диода *1Д1*. Нагрузка с общим сопротивлением не менее 8 Ом подключается к разъемам *Ш1* и *Ш2*.

Все каскады усилителя охвачены отрицательной обратной связью (ООС) по напряжению. Цепь ООС образована резисторами *1R10, 1R12, 1R13* и конденсатором *1С2*.

С выхода каскада предварительного усиления сигнал НЧ поступает на вход трехкаскадного усилителя НЧ системы АРУ, собранного на транзисторах *1Т8—1Т10*. В нем также используется непосредственная связь между каскадами. Усиленное напряжение НЧ выпрямляется (диоды *1Д2, 1Д3*), и выделенное постоянное напряжение, пропорциональное уровню принимаемого сигнала, поступает на двухкаскадный УПТ системы АРУ, собранный на транзисторах *1Т11* и *1Т12*. С эмиттера транзистора *1Т11* через резистор *1R22* снимается постоянное напряжение, используемое для работы S-метра. С резистора *1R25*, включенного в коллекторную цепь транзистора *1Т12* — напряжение АРУ. Это напряжение максимально при отсутствии сигнала на входе усилителя НЧ системы АРУ и уменьшается с ростом сигнала. Резистор *1R22* ограничивает ток через катушку измерительного прибора, а резистором *1R25* выбирается ширина диапазона регулирования системы АРУ.

В приемнике предусмотрена возможность РРУ. Для включения РРУ тумблер *В2* переводится в положение «РРУ». При этом регулирующее напряжение снимается с переменного резистора *R2* и подается на соответствующие каскады вместо напряжения АРУ.

Плата УПЧ (плата 2). На плате (рис. 4) размещены электромеханический фильтр, два каскада усиления второй ПЧ, кольцевой диодный смеситель, гетеродин на частоту 500 кГц, фильтр нижних частот и предварительный усилитель НЧ.

Сигнал с выхода первого каскада усиления второй ПЧ, находящегося на плате *3*, поступает на электромеханический фильтр *2Ф1*. Фильтр определяет селективность по соседнему каналу всего приемника в целом. С фильтра сигнал поступает на двухкаскадный усилитель второй ПЧ. Первый каскад усилителя собран на транзисторе *2Т1* и представляет собой обычный *RC*-усилитель. Нагрузкой второго каскада, собранного на транзисторе *2Т3*, является колебательный контур *2L1 2С10*. В обоих каскадах осуществляется АРУ. Для этой цели используются дополнительные регулирующие транзисторы (*2Т2* и *2Т4* соответственно), включенные в цепи эмиттеров транзисторов *2Т1* и *2Т3*. Благодаря такому включению каскады усиления охвачены ООС по постоянному и переменному току. Коэффициент ООС в данном случае зависит от внутреннего сопротивления регулирующего транзистора, которое, в свою очередь, зависит от постоянного напряжения, подаваемого на его базу, т. е. от напряжения АРУ.

Питание каскадов усилителя ПЧ осуществляется через общий фильтр *2R8 2С9* и индивидуальные фильтры *2R4 2С2* и *2R9 2С6*.

Усиленный сигнал второй ПЧ через катушку связи *2L2* поступает на кольцевой смеситель, выполненный на диодах *2Д1—2Д4*. На смеситель подается также напряжение ВЧ с частотой 500 кГц от третьего гетеродина. С выхода смесителя сигнал поступает на П-образный фильтр нижних частот *2L3 2С13 2С14*. На выходе фильтра выделяется разностный сигнал, лежащий в звуковом диапазоне частот, который и поступает на предварительный каскад усиления НЧ, собранный на транзисторе *2Т5* по схеме ОЭ. Усиленный сигнал с контакта *8* платы *2* подается на контакт *6* платы *1*, а с контакта *9* — на переключатель *В1*. Каскад предварительного усилителя НЧ питается через развязывающий фильтр *2R20 2С16*.

Третий гетеродин собран на транзисторе *2Т7* и кварцевом резонаторе *2Пэ1* по схеме с емкостным делителем. Для повышения стабильности частоты

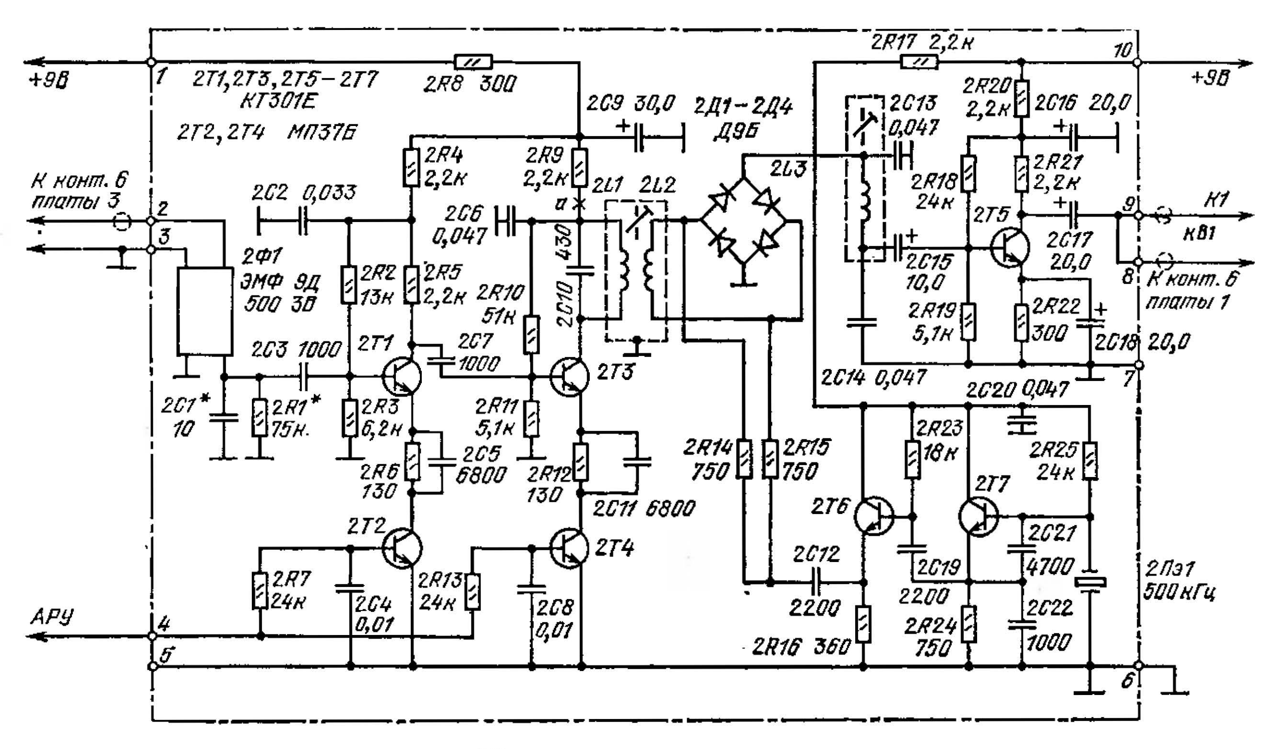


Рис. 4. Принципиальная схема платы усилителя ПЧ

третьего гетеродина между ним и смесителем включен эмиттерный повторитель на транзисторе *2T8*. Питание на эти два каскада подается через общий фильтр *2R17 2C20*.

Плата второго смесителя (плата 3). На плате установлены второй смеситель и первый каскад усиления второй ПЧ. Принципиальная схема платы дана на рис. 5.

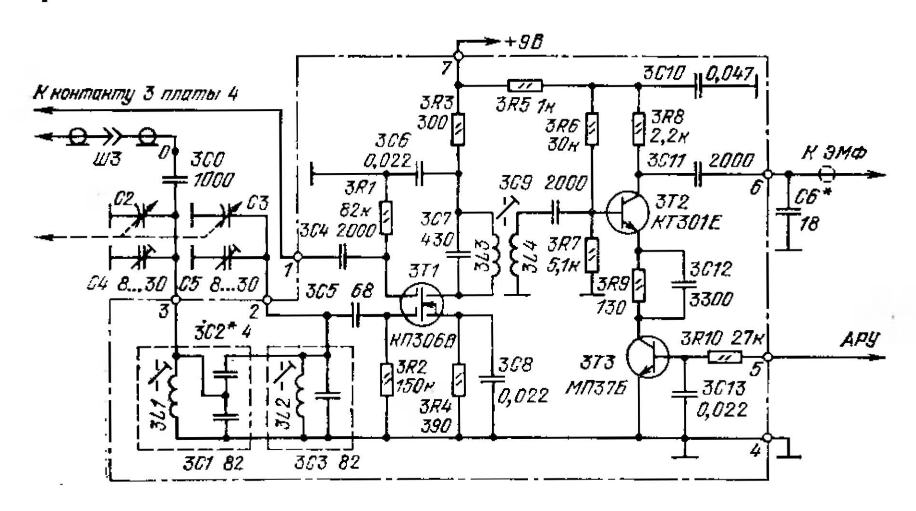


Рис. 5. Принципиальная схема платы второго смесителя

Сигнал с выхода первого смесителя, находящегося на плате *5*, поступает через коаксиальный разъем *Ш3* на двухконтурный полосовой фильтр, частота настройки которого изменяется от 6 до 6,5 МГц одновременно с изменением частоты второго гетеродина. В фильтре применена емкостная связь между контурами, величина которой определяется емкостью конденсатора *3C2*. С фильтра выделенный сигнал первой ПЧ поступает на первый затвор транзистора *3T1*, используемого в каскаде мультипликативного смесителя. На второй затвор этого транзистора через контакт *1* платы *3* подается сигнал второго гетеродина. В цепь стока транзистора смесителя включен параллельный колебательный контур *3L3 3C7*, настроенный на частоту второй ПЧ (500 кГц). Питается каскад через развязывающий фильтр *3R3 3C6*.

С контура *3L3 3C7* сигнал второй ПЧ подается через катушку связи *3L4* на первый каскад усилителя ПЧ, выполненный на транзисторе *3T2*. Усиленный сигнал второй ПЧ поступает затем на электромеханический фильтр. Каскад усилителя ПЧ платы *3* питается через развязывающий фильтр *3R5 3C10*.

Плата второго гетеродина (плата 4). Весь тракт второго гетеродина выполнен на транзисторной сборке БС-1, содержащей два полевых и два биполярных транзистора (рис. 6). Собственно гетеродин собран на полевом транзисторе *4T1* по индуктивной трехточечной схеме. Генерируемая частота составляет 5,5—6 МГц и определяется параметрами контура *4L1 4C3 4C5 C6 C7*, а также емкостью *p—n*-перехода диода *4Д1* и конденсатора *4C2*. Для повышения стабильности питающего напряжения введен дополнительный электронный стабилизатор напряжения на транзисторе *4T2*. Внутреннее сопротивление этого стабилизатора и конденсатор *4C8* образуют развязывающий фильтр по цепи питания.

Перестройка частоты второго гетеродина в небольших пределах возможна с помощью переменного резистора *R3* электрического верньера («RIT»). Управляющее напряжение с резистора *R3* подается на *p—n*-переход варикапа *4Д1* и закрывает его. Как известно, емкость закрытого *p—n*-перехода зависит от приложенного напряжения. Варикап *4Д1* включен последовательно с конденсатором *4C2*, их емкости суммируются с емкостями колебательного контура

гетеродина. Изменение положения движка резистора *R3* приводит к небольшой перестройке частоты гетеродина. Максимальная расстройка составляет примерно ±5 кГц в верхней части диапазона перестройки частоты второго гетеродина (в нижней части ±3 кГц) и зависит от емкости конденсатора *4С2*. Напряжение, подаваемое на резистор *R3*, стабилизировано с помощью стабилитрона *8Д6*. (Емкость конденсатора *4С5* 62пФ).

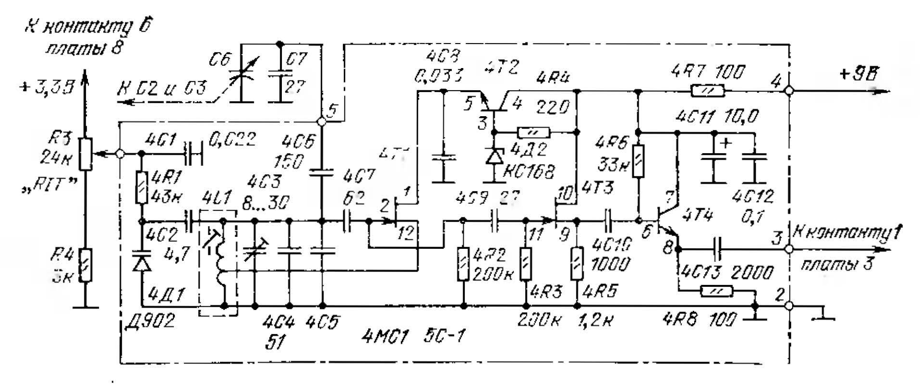


Рис. 6. Принципиальная схема платы второго гетеродина

Плата первого преобразователя частоты (плата 5). Плата (рис. 7) содержит смесительный каскад и гетеродин, частоты которого стабилизированы переключаемыми кварцевыми резонаторами.

С платы УВЧ (плата *6*) принимаемый сигнал через контакт *1* платы *5* поступает на первый затвор полевого транзистора *5Т1*. На второй затвор транзистора подается напряжение ВЧ первого гетеродина. На нагрузке смесителя — резисторе *5R3* — выделяется преобразованный по частоте сигнал, ко-

Рис. 7. Принципиальная схема платы первого преобразователя частоты

Рис. 8. Принципиальная схема платы усилителя ВЧ

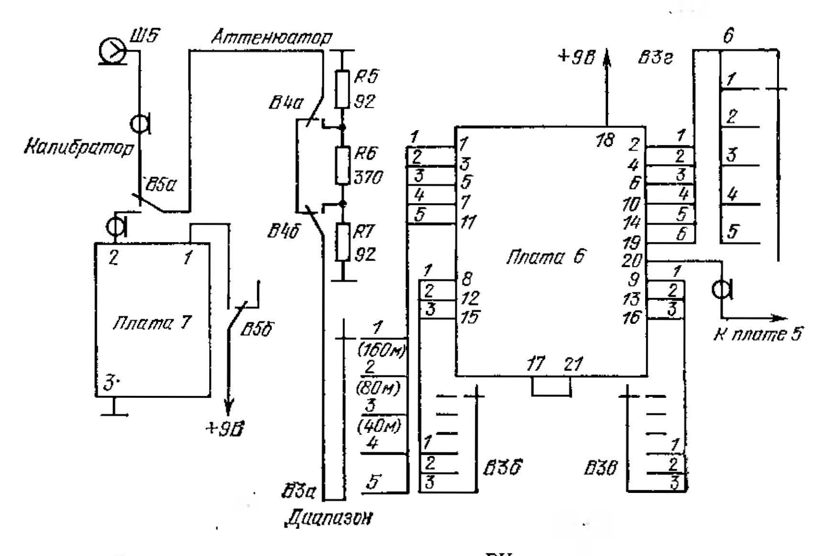


Рис. 9. Внешние соединения платы усилителя ВЧ

торый через коаксиальный разъем *Ш4* и коаксиальный кабель поступает на интерполяционный приемник.

Кварцевый гетеродин собран на транзисторе *5Т2*. Для стабилизации частоты гетеродина используются кварцевые резонаторы *5Пэ1—5Пэ4*, которые переключаются галетным переключателем *В3д*. Для настройки колебательного контура, расположенного в цепи коллектора транзистора *5Т2*, на частоту соответствующего кварцевого резонатора одновременно переключаются конденсаторы *5С2—5С9*.

Каскады платы *5* питаются через общий развязывающий фильтр *5R10, 5С14* и индивидуальные фильтры *5R5 5С10* и *5R8 5С13*.

Плата усилителя ВЧ (плата 6). На плате (рис. 8) расположены диодные ограничители, входные цепи и усилитель ВЧ приемника.

Принимаемый сигнал от антенны через коаксиальный разъем *Ш5* (рис. 9) поступает на переключатель *В5* («Калибратор»). В положении переключателя «Выключено» сигнал поступает далее на переключатель *В4* («Аттенюатор»). В положении «Выключено» этого переключателя сигнал проходит далее без ослабления. В положении «Аттенюатор» переключателя *В4* заключается резистивный аттенюатор *R5, R6, R7*, ослабляющий принимаемый сигнал на 20 дБ.

Высокочастотный сигнал с переключателя *В2* поступает на переключатель *В3* («Диапазон»). В одном из положений переключателя *В3* «160 м», «80 м» и «40 м» сигнал проходит через трехконтурный полосовой фильтр *6L1—6L5 6С1—6С5 6L6—6L10 6С6—6С10* и *6L11—6L15 6С11—6С15* соответственно (см. рис. 8).

В положениях «20 м» и «14 м» переключателя *В3* принимаемый сигнал поступает на один из двухконтурных полосовых фильтров *6L16—6L19 6С16—6С18* (диапазон «20 м») и *6L24—6L27, 6С22—6С24* (диапазон «14 м»), с выхода которого проходит далее (через *В3б*) на затвор полевого транзистора *6Т1* усилителя ВЧ. Со стока этого транзистора сигнал поступает на переключатель диапазонов, проходя далее соответственно на один из двухконтурных полосовых фильтров.

Параметры полосовых фильтров выбраны так, чтобы была сформирована АЧХ сквозного тракта вход приемника — вход первого смесителя, перекрывающая границы любительских диапазонов.

Высокочастотный сигнал с переключателя диапазонов (*В3г*) через конденсатор *6С31* поступает на вход первого смесителя приемника (см. рис. 8). На диодах *6Д1, 6Д2* и *6Д3, 6Д4* собраны диодные ограничители, служащие для предохранения полевых транзисторов от электростатического пробоя.

Плата калибратора (плата 7). Кварцевый калибратор приемника (рис. 10) расположен на отдельной печатной плате. Калибратор собран на микросхеме *7МС1* и кварцевом резонаторе *7Пэ1*. На элементах *7мс1а* и *7мс1б* микросхемы собран кварцевый генератор по схеме мультивибратора. Частоту генерируемых колебаний можно изменять в небольших пределах с помощью конденсаторов

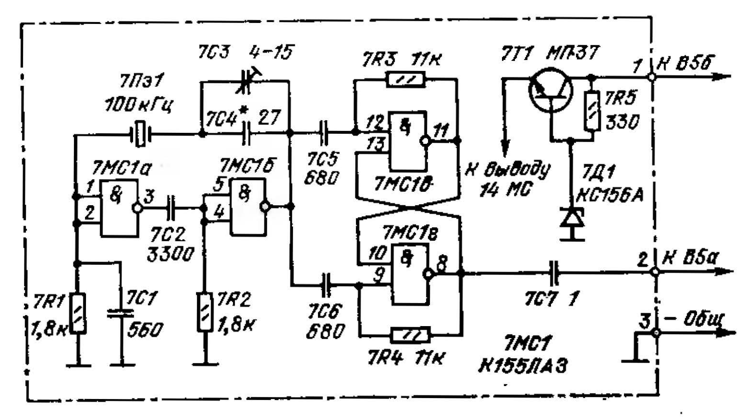


Рис. 10. Принципиальная схема кварцевого калибратора

7С3 и *7С4*. Генерируемый сигнал подается на триггер, собранный на элементах *7МС1в* и *7МС1г* микросхемы. Триггер обеспечивает деление частоты пополам. Выход триггера через конденсатор *7С7* соединен с входом приемника. Таким образом, возможна калибровка шкалы приемника по точкам, разнесенным по частоте на 50 кГц. Питание микросхемы калибратора осуществляется через индивидуальный стабилизатор напряжения +5 В, собранный на элементах *7Д1, 7Т1* и *7R5*. Напряжение +9 В подается на калибратор с тумблера *В5* в положении «Калибратор».

Плата выпрямителя и стабилизаторов (плата 8). На плате *8* (рис. 11) расположены: выпрямительный мост, общий стабилизатор напряжения +9 В и стабилизатор напряжения +3,3 В.

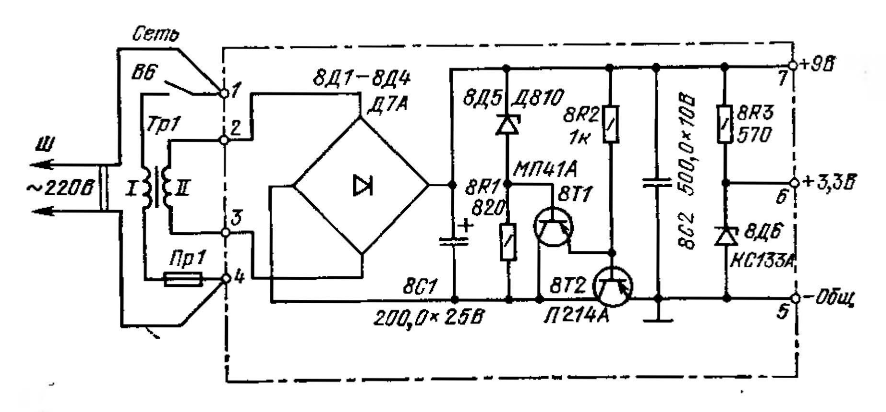


Рис. 11. Принципиальная схема платы выпрямителя и стабилизаторов

Радиоприемник включается в сеть однофазного переменного тока напряжением 220 В. Сетевое напряжение через предохранитель *Пр1* и выключатель *В6* «Сеть» подается на первичную обмотку трансформатора *Тр1*. Со вторичной обмотки переменное напряжение поступает на выпрямительный мост, собранный на диодах *8Д1—8Д4*. На выходе выпрямительного моста включен транзисторный стабилизатор напряжения +9 В, собранный на элементах *8Д5, 8Т1, 8Т2* и *8R1*. Для снижения выходного сопротивления стабилизатора по переменному току на его выходе включен конденсатор *8С2* большой емкости. От общего стабилизатора питаются все каскады приемника, а также стабилизатор +3,3 В. Это напряжение подается на потенциометр *R3* электрического верньера («RIT»). Стабилизатор напряжения +3,3 В собран на элементах *8Д6* и *8R3*.

Конструкция приемника

Приемник разделен на следующие функциональные узлы: субшасси ПЧ-НЧ, узел второго преобразователя частоты, субшасси конвертера. Каждый узел функционально закончен и может быть предварительно настроен и отрегулирован без остальных узлов. Такое построение приемника, с одной стороны, существенно упрощает настройку и ремонт, а с другой — открывает широкие возможности для внесения изменений в схему, например, при переделке его совместно с передающей приставкой в *SSB*-трансивер первой категории. Чтобы вынуть тот или иной функциональный узел, достаточно отвернуть соответствующие винты крепления, снять ручки органов управления и отпаять немногочисленные соединительные проводники от переходной колодки узла.

Субшасси ПЧ-НЧ представляет собой коробчатое шасси размерами 195×160×70 мм. На дне шасси установлены печатные платы *1* и *2*. На передней стенке укреплены измерительная головка S-метра, тумблеры *В1* и *В2*, переменные резисторы *R1* и *R2*. На задней стенке находятся разъемы *Ш1* и *Ш2*.

Электрические соединения печатных плат между собой и с другими элементами, входящими в состав субшасси, осуществляются многожильными монтажными проводами и экранированным проводом, объединенными в монтажный жгут. Так как число соединительных проводников невелико, жгут достаточно прост и не требует подробного описания.

Субшасси ПЧ-НЧ крепится к передней панели приемника с помощью четырех винтов. К задней стенке субшасси двумя винтами крепится задняя стенка приемника.

Узел второго преобразователя частоты представляет собой полностью закрытую конструкцию размерами 165×115×100 мм, собранную из толстых дюралюминиевых листов. Выбор конструкции обусловлен тем, что в этом узле расположен второй гетеродин, стабильность частоты которого фактически определяет стабильность частоты всего приемника.

На дне узла установлены печатные платы *3* и *4*, блок конденсаторов переменной емкости *С2, С3, С6* и подстроечные конденсаторы *С4* и *С5*. К передней стенке прикреплен верньер, а на задней стенке расположены коаксиальный разъем *Ш3* для связи с конвертором и переходная колодка с пятью контактами, служащая для соединения узла с другими частями приемника.

Узел второго преобразователя частоты механически соединяется с передней панелью приемника с помощью четырех винтов.

Субшасси конвертера имеет те же размеры, что и субшасси ПЧ-НЧ. К дну шасси прикреплены печатные платы *5* и *6*, к задней стенке — плата *7*. На передней стенке установлены переключатель *В3* и тумблеры *В5* и *В4*, на задней — разъем *Ш5* для подключения антенны. В верхнем правом углу субшасси размещены коаксиальный разъем *Ш4* для связи с узлом второго преобразователя частоты и двухконтактная переходная колодка, через которую подается напряжение питания.

Субшасси разделено вертикальной перегородкой, на которой укреплены галеты переключателя *В5в* — *В5д*. Субшасси конвертера крепится тремя винтами к лицевой панели приемника. К задней стенке субшасси двумя винтами привинчивается задняя стенка приемника.

Задняя стенка приемника служит для повышения общей жесткости конструкции. На ней укреплены печатная плата *8*, силовой трансформатор *Тр1* и держатель предохранителя *Пр1*. Задняя стенка приемника имеет размеры 306×160×1 мм.

Субшасси и узел второго преобразователя частоты привинчиваются к передней панели приемника. Для достижения необходимой механической жесткости передняя панель изготовлена из дюралюминиевого листа толщиной 4 мм и имеет размеры 306×180 мм. На ней установлены также тумблер выключения сети *В6* и резистор *R3* электрического верньера (RIT).

Конструкция печатных плат

Печатные платы приемника «База» изготовлены из листового стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, фольгированного с одной стороны. Платы разработаны под резисторы МЛТ-0,25 и малогабаритные конденсаторы постоянной емкости КТ-1, КСО-1, КД, КЛС, К50-6.

Как правило, применяется вертикальная установка компонентов.

Печатная плата 1 (рис. 12, 13) имеет размеры 150×60 мм. Переменные резисторы *1R22, 1R24* и *1R25* — типа СПО-0,5; трансформаторы *1ТР1* и *1ТР2* — переходные трансформаторы от приемников «Банга», «Рига-302» или «Селга-404». Первичные обмотки трансформаторов содержат 1600 витков, обозначены на схеме цифрой I. В качестве вторичных обмоток использованы половины обмоток II, содержащие 500 витков. Можно применить любые другие малогабаритные трансформаторы, имеющие обмотки с примерно таким же числом и соотношением витков. При этом, возможно, придется изменить расположение печатных проводников платы и подобрать емкости конденсаторов.

Элементы полосового фильтра и фильтра нижних частот закрыты экраном, изготовленным из белой жести толщиной 0,3 мм. Размеры экрана 50×40×20 мм. Экран электрически соединен с общим проводником платы.

Измерительным прибором S-метра служит микроамперметр М-5424 с током полного отклонения стрелки 200 мкА. Можно использовать измерительные головки других типов, рассчитанные на ток полного отклонения стрелки не более 200 мкА.

Резисторы *R1* и *R2* типа СП-II установлены на передней стенке субшасси. Разъемы *Ш1* и *Ш2* стандартные от бытовой звуковоспроизводящей аппаратуры.

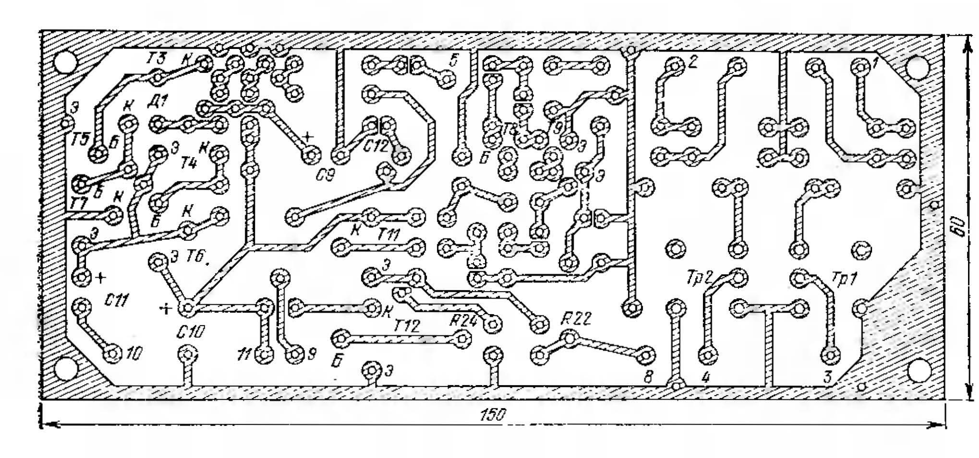


Рис. 12. Печатная плата усилителя НЧ-АРУ (вид снизу)

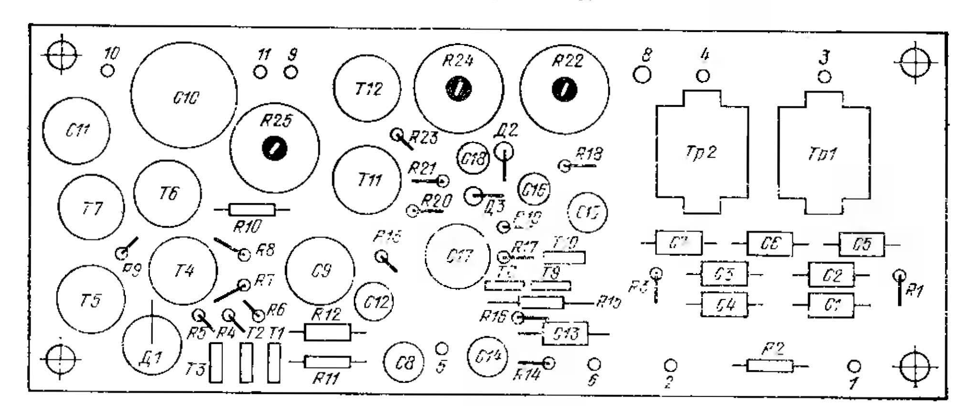


Рис. 13. Монтажная схема платы усилителя НЧ-АРУ (вид сверху)

Печатная плата 2 (рис. 14, 15) имеет те же размеры, что и плата *1*.

Кварцевый резонатор *2Пэ1* и электромеханический фильтр взяты из набора «Кварц-7», который можно приобрести через базу Посылторга. Катушки индуктивности *2L1* и *2L2* — готовые контуры фильтра ПЧ К16 от радиоприемника «Соната 201». Его первичную обмотку включают в коллекторную цепь транзистора *2Т3*, а вторичную — к кольцевому смесителю *2Д1—2Д4*. Индуктивность первичной обмотки 240 мкГн.

Катушка индуктивности *2L3* самодельная. Ее наматывают на стандартном каркасе броневого ферритового сердечника Б14: 400 витков провода ПЭВ-12 диаметром 0,08 мм. Катушку помещают в ферритовый броневой сердечник Б14 с магнитной проницаемостью около 2000. Половинки сердечника склеивают клеем БФ-2. Индуктивность катушки 20 мГн.

Элементы фильтра нижних частот, гетеродина 500 кГц и предварительного усилителя НЧ закрыты экраном из белой жести толщиной 0,3 мм. Размеры экрана 51×46×24 мм. Экран электрически соединен с общим проводником платы.

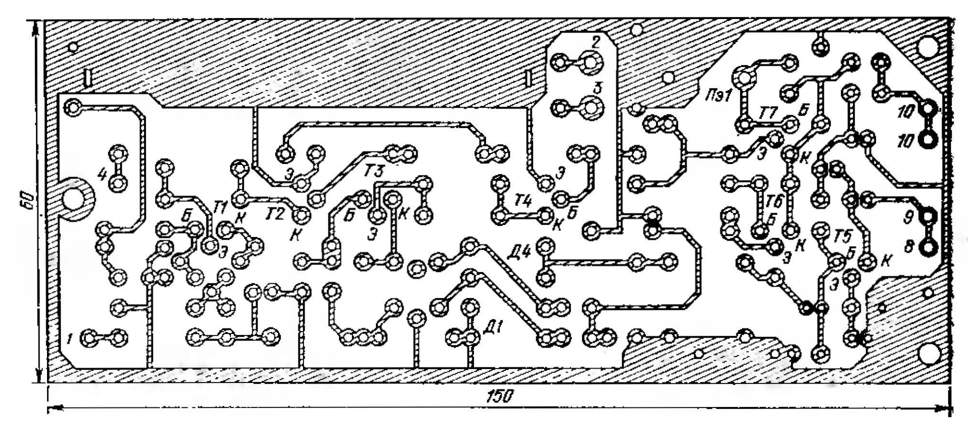


Рис. 14. Печатная плата усилителя ПЧ (вид снизу)

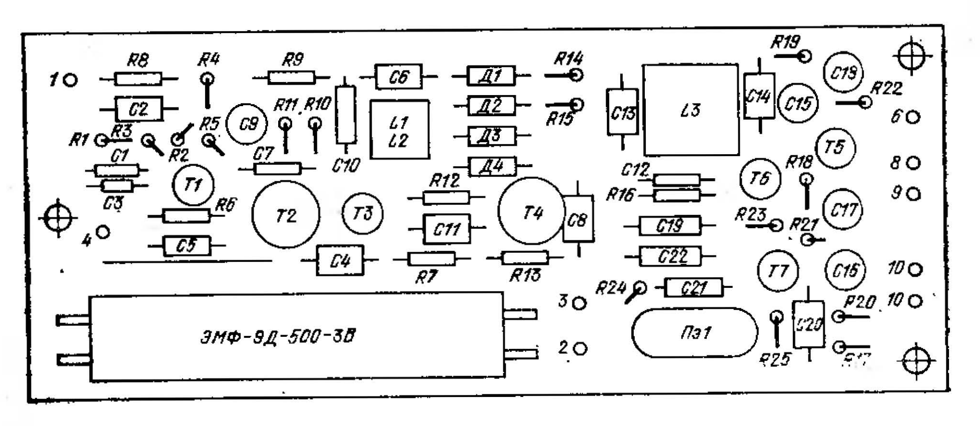


Рис. 15. Монтажная схема платы усилителя ПЧ (вид сверху)

Печатная плата 3 (рис. 16, 17) имеет размеры 100×55 мм.

Катушки индуктивности *3L1* и *3L2* самодельные. Они намотаны на полистироловых каркасах диаметром 12 мм и высотой 30 мм (использованы каркасы, сердечники и экраны контуров дискриминатора телевизора КВН). Внутри каркаса находится карбонильный цилиндрический подстроечный сердечник типа СЦР-8 (длина 19 мм, резьба 1М9×1). Каждая катушка имеет 22 витка провода ПЭВ-2 диаметром 0,41 мм, намотанных в один ряд виток к витку. После намотки витки закреплены полистирольным клеем PS. Катушки помещены в алюминиевые экраны размерами 35×35×45 мм.

В качестве катушек индуктивности *3L3, 3L4* также использованы контуры фильтра ПЧ К16 от радиоприемника «Соната 201» (см. плату *2*).

Конденсаторы *C2, C3* и *C6* (*C6* входит в состав платы *4*) являются секциями блока конденсаторов переменной емкости КПЕ-10-430 (ИЩ4.652.060 ТУ) от транзисторного радиоприемника «Рига-104». Минимальная емкость каждой секции 10, максимальная — 430 пФ. Конденсаторы *C4* и *C5* — малогабарит-

ные подстроечные конденсаторы с воздушным диэлектриком. Можно применить подстроечные конденсаторы типа КПКМ.

Печатная плата 4 (рис. 18, 19) имеет размеры 100×50 мм.

Катушка индуктивности *4L1* намотана на таком же каркасе, как и катушки входных контуров второго смесителя. Она содержит 16 витков провода

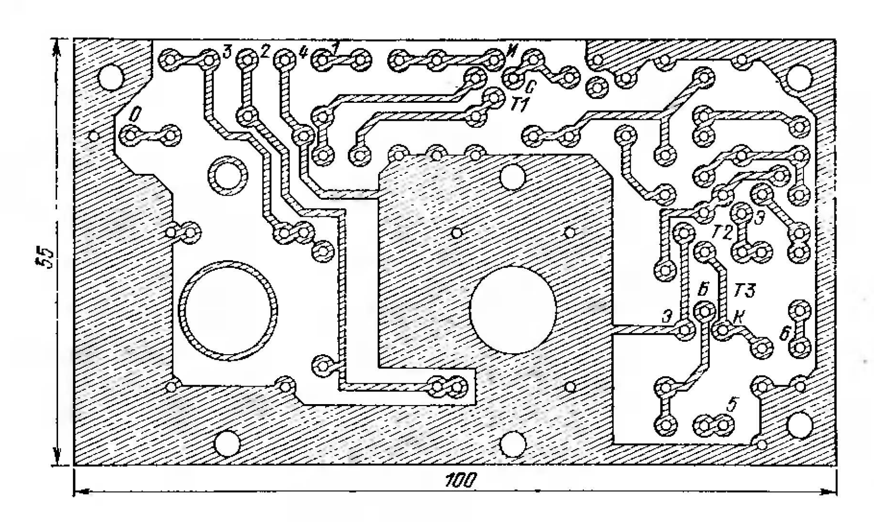


Рис. 16. Печатная плата второго смесителя (вид снизу)

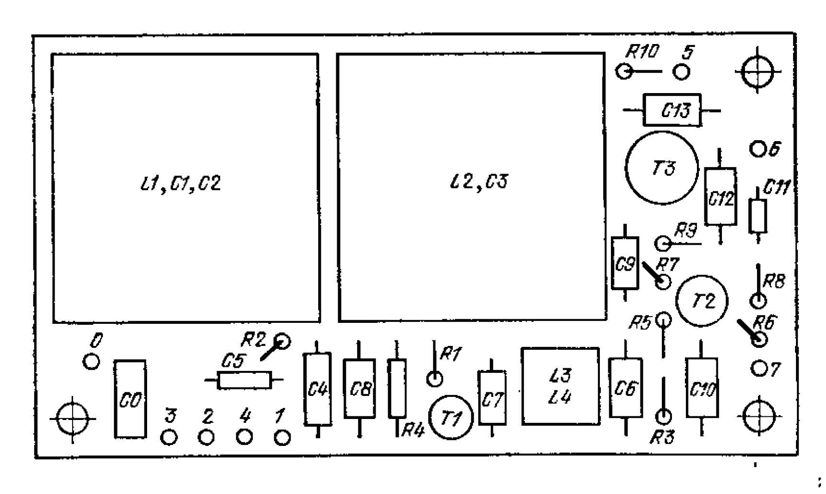


Рис. 17. Монтажная схема платы второго смесителя (вид сверху)

ПЭВ-2 диаметром 0,41 мм, уложенных в один ряд виток к витку. Отвод сделан от 1/3 витков, считая от нижнего по схеме вывода. Намотку следует проводить тщательно и с натяжением, после намотки закрепить витки полистирольным клеем PS.

Подстроечный конденсатор *4C3* взят типа КПКМ, потенциометр *R3* — типа СП-II. Этот потенциометр установлен на передней панели приемника.

Печатная плата 5 (рис. 20, 21) имеет размеры 100×50 мм.

Кварцевые резонаторы *5Пэ1—5Пэ5* из наборов «Кварц-3» и «Кварц-4», предлагаемых Посылторгом.

Катушка индуктивности *5L1* намотана на стандартном полистироловом каркасе от трансформатора ПЧ тракта ЧМ лампового приемника «Латвия». Внешний диаметр каркаса 7 мм. Внутри каркаса находится стандартный гладкий цилиндрический ферритовый сердечник диаметром 2,8 мм. Сердечник

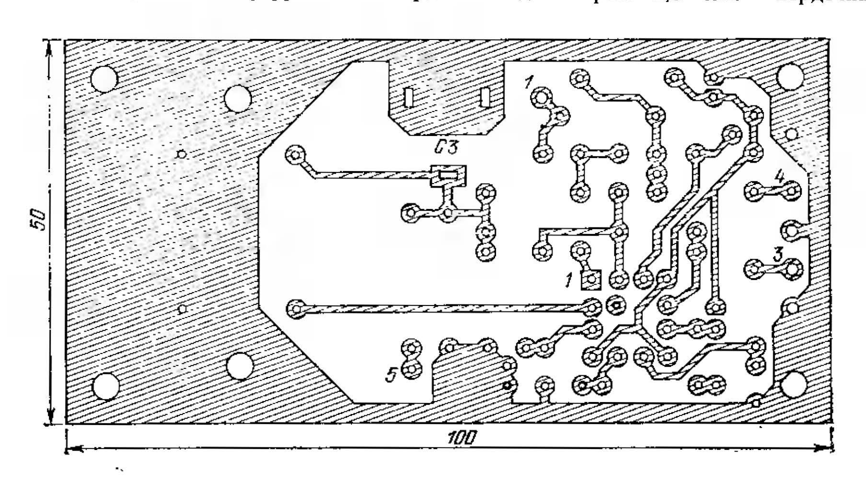


Рис. 18. Печатная плата второго гетеродина (вид снизу)

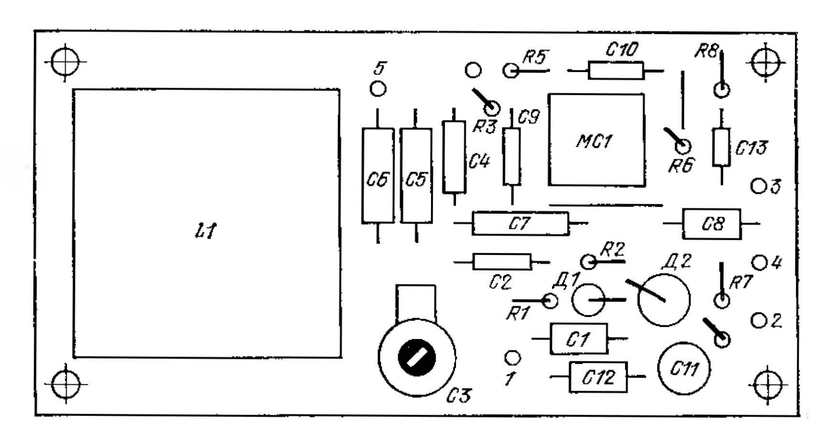


Рис. 19. Монтажная схема платы второго гетеродина (вид сверху)

запрессован в пластмассовую резьбовую головку. Магнитная проницаемость сердечника 400. Катушка *5L1* содержит десять витков, намотанных в один слой виток к витку проводом ПЭВ-2 диаметром 0,41 мм.

Подстроечные конденсаторы *5C3, 5C5, 5C7, 5C9* — типа КПКМ.

Печатная плата 6 имеет конфигурацию и размеры, указанные на рис. 22, 23. Данные катушек индуктивности приведены в табл. 5.

Все катушки намотаны проводом ПЭВ-2 диаметром 0,41 мм.

Катушки индуктивности диапазонов 160, 80 и 40 м намотаны на стандартных полистироловых каркасах диаметром 3,8 мм в трех секциях, образованных щечками диаметром 9 мм. Верхняя часть каркаса имеет внешний

диаметр 6 мм. Внутри каркаса перемещается гладкий подстроечный сердечник из феррита, имеющий резьбовую пластмассовую головку.

Катушки остальных диапазонов намотаны на стандартных полистироловых каркасах диаметром 7 мм.

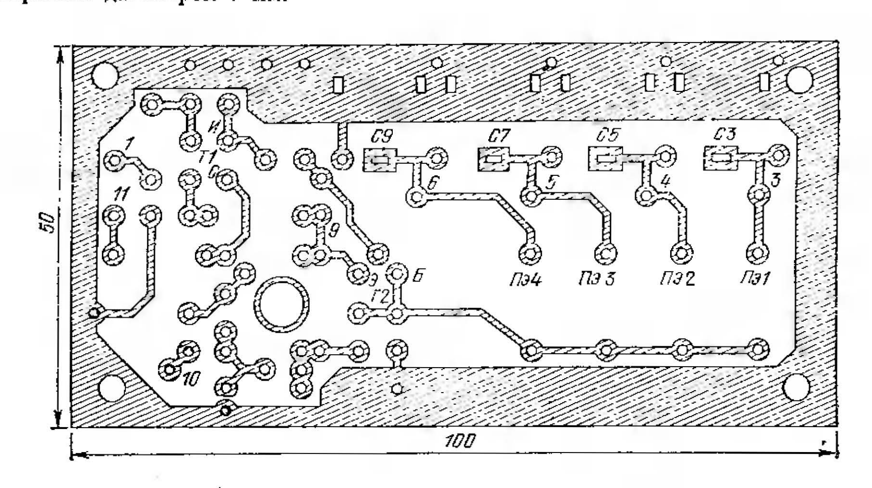


Рис. 20. Печатная плата первого преобразователя частоты (вид снизу)

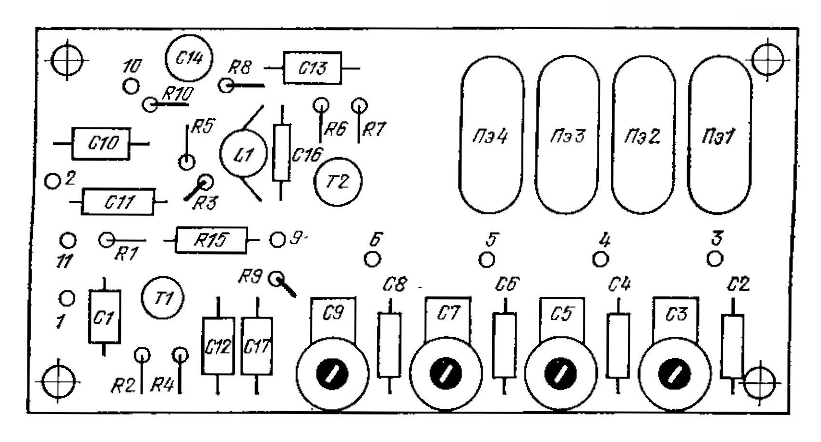


Рис. 21. Монтажная схема деталей платы первого преобразователя частоты (вид сверху)

На плате установлены экранные перегородки, отделяющие элементы колебательных контуров разных диапазонов друг от друга. На рис. 23 они показаны толстыми сплошными линиями. Перегородки могут быть выполнены из листовой жести, латуни или меди. Их высота — около 18 мм.

Переключатель диапазонов собран из трех стандартных керамических плат типа 5П2Н (два направления на пять положений).

Печатная плата 7 (рис. 24) имеет размеры 70×50 мм. Кварцевый резонатор *7Пэ1* (частота 100 кГц) можно взять из набора «Кварц-1», предлагаемого Посылторгом. Подстроечный конденсатор *7С3* — типа КПКМ.

Печатная плата 8 имеет размеры 75×50 мм. Трансформатор питания применен готовый от телевизора «Юность» ТС-25 (БТ4.709.141). Можно использовать любой другой трансформатор, обеспечивающий на выводах вторичной обмотки под нагрузкой напряжение 15—18 В при токе не менее 0,5 А.

Предохранитель *Пр1* рассчитан на номинальный ток 0,25 А.

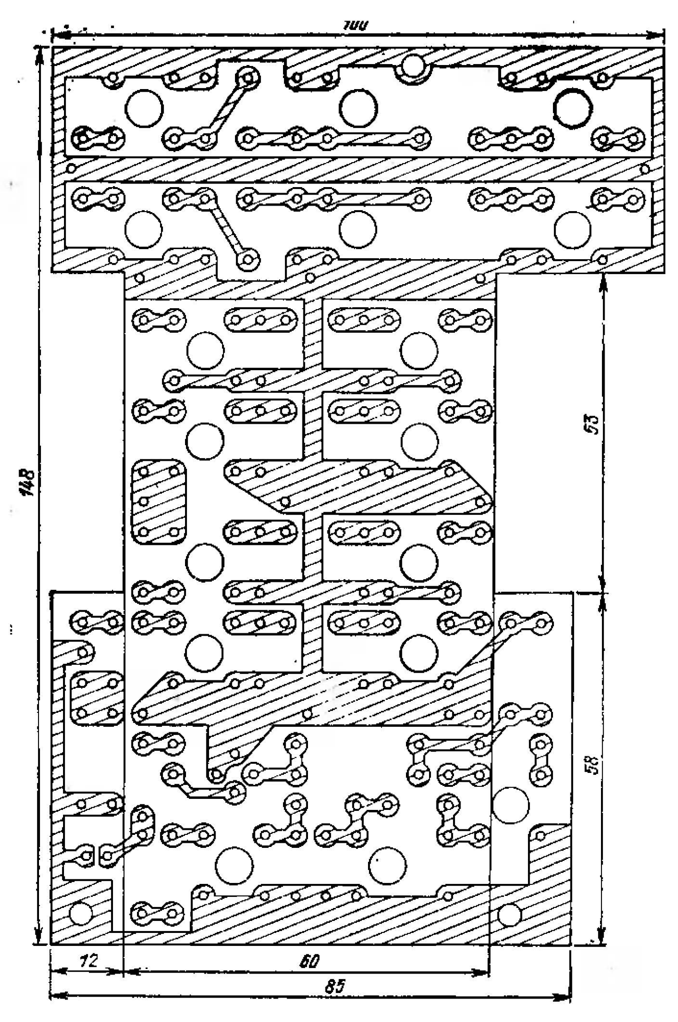


Рис. 22. Печатная плата усилителя ВЧ (вид снизу)

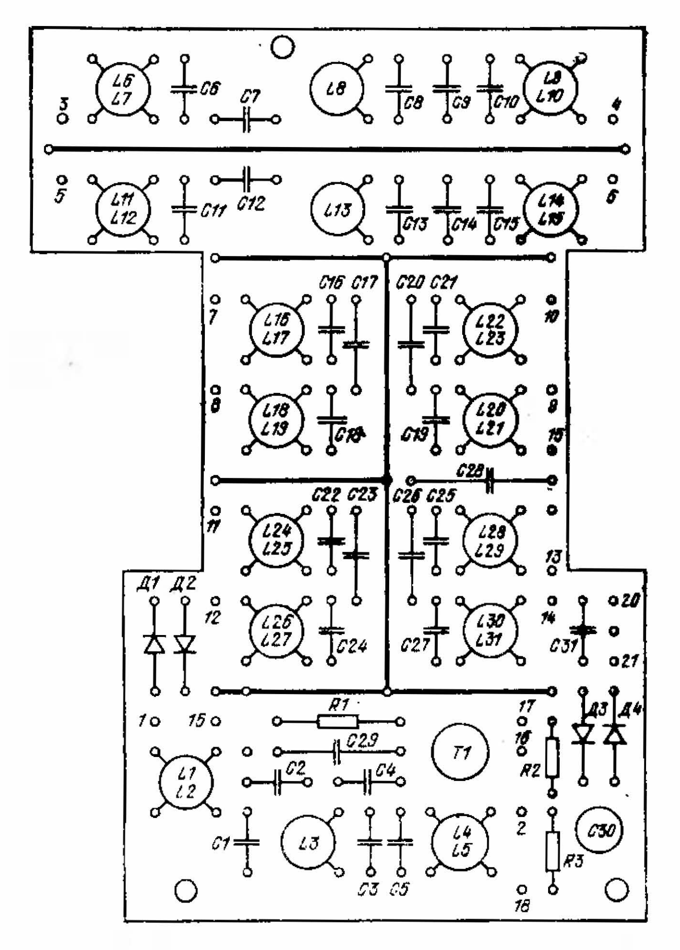


Рис. 23. Монтажная схема платы усилителя ВЧ (вид сверху)

Таблица 5

Диапазон	Катушка	Число витков	Примечание
160 м	*6L2—6L4*	56	—
	6L1	10	Поверх *6L2*
	6L5	19	Поверх *6L4*
80 м	*6L7—6L9*	22	—
	6L6	5	Поверх *6L7*
	6L10	11	Поверх *6L9*
40 м	*6L12—6L14*	22	—
	6L11	3	Поверх *6L12*
	6L15	11	Поверх *6L14*
20 м	*6L17, 6L18*	10	—
	6L21, 6L22	10	—
	6L16	1,5	Поверх *6L17*
	6L18	2	Поверх *6L18*
	6L20	5	Поверх *6L21*
	6L23	5	Поверх *6L22*
14 м	*6L25, 6L26, 6L29, 6L30*	10	—
	6L24	1,5	Поверх *6L25*
	6L27	2	Поверх *6L26*
	6L28	5	Поверх *6L29*
	6L31	5	Поверх *6L30*

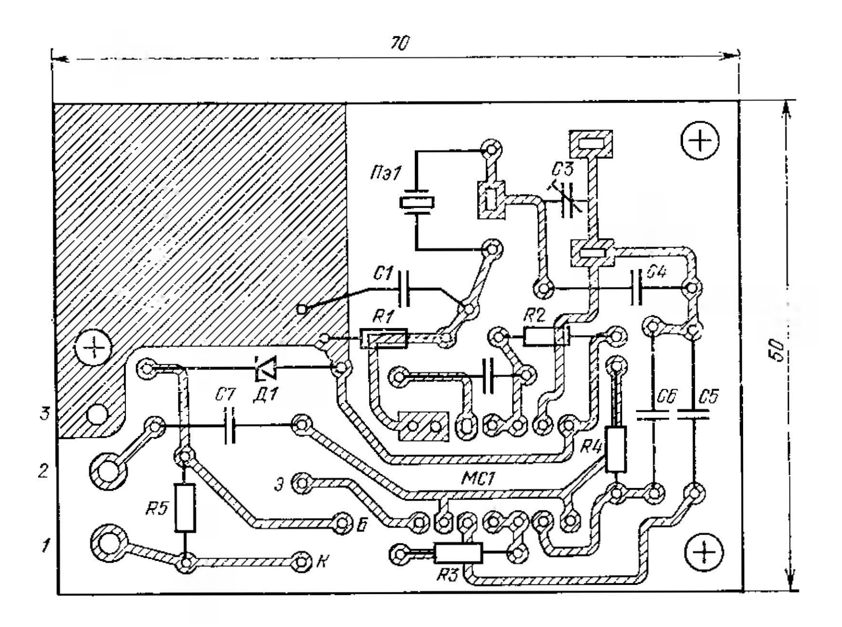


Рис. 24. Печатная плата кварцевого калибратора с монтажной схемой (вид снизу)

Настройка приемника

Для настройки приемника «База» требуются следующие приборы: ампервольтомметр, например ТТ-1 или Ц-20; генератор низкой частоты, например ЗГ-10; генератор стандартных сигналов, например ГСС-6 (Г4-1А); осциллограф с полосой пропускания канала *Y* до 1 МГц, например ЛО-70 или С1-1; измеритель частотных характеристик, например Х1-7 (ПНТ-57) или Х1-1. Такие приборы, как правило, имеются в радиоклубах ДОСААФ. Можно использовать и самодельные конструкции, описания которых неоднократно приводились на страницах журнала «Радио», выпусков «В помощь радиолюбителю», брошюр Массовой радиобиблиотеки. Желательно иметь также широкополосный осциллограф с полосой пропускания канала *Y* до 20 МГц, например С1-13 или С1-20, и электронно-счетный частотомер, например Ч3-4, Ч3-9, Ч3-36.

Благодаря разбиению конструкции приемника на отдельные функционально законченные узлы процесс настройки и регулировки существенно облегчается. Здесь приводится методика настройки каждой печатной платы в отдельности. Таким образом достигается предварительная настройка всего приемника в целом. Предполагается, что качество деталей и их монтаж на платах, а также все электрические соединения проверены самым тщательным образом до подачи напряжения питания.

Все изменения в схеме следует производить только при выключенном напряжении питания!

Настройку печатной платы 1 (см. рис. 3) начинают с настройки основного усилителя НЧ приемного тракта. Постоянный резистор *1R10* временно заменяют потенциометром, имеющим сопротивление 330 кОм. К выходу усилителя НЧ подключают нагрузку (динамический громкоговоритель или низкоомные телефоны), параллельно которой включают осциллограф. На вход усилителя (контакт *5*) подают сигнал частотой 1 кГц и амплитудой около 20 мВ. Вращением движка потенциометра устанавливают одинаковое двустороннее ограничение сигнала на выходе усилителя НЧ. Затем снимают потенциометр, замеряют его сопротивление и заменяют потенциометр постоянным резистором.

Подбором сопротивления резистора *1R13* устанавливают такое усиление тракта, чтобы при максимальном неискаженном сигнале на выходе основного усилителя НЧ напряжение входного сигнала было не более 12—15 мВ.

Фильтр нижних частот наладки не требует. Настройка полосового фильтра НЧ сводится к установке резонансной частоты в пределах 700—1000 Гц подбором емкостей конденсаторов *1C5* и *1C7*.

Далее настраивают усилитель НЧ системы АРУ. Постоянный резистор *1R15* временно заменяют потенциометром, имеющим сопротивление 680 кОм. К коллектору транзистора *1T10* подключают осциллограф, а ко входу усилителя НЧ АРУ (контакт *6*) — генератор НЧ. Устанавливают частоту генератора 1 кГц и такое выходное напряжение, чтобы на экране осциллографа наблюдалось небольшое двустороннее ограничение сигнала. Изменением сопротивления временного переменного резистора добиваются симметричного ограничения выходного сигнала. Заменяют потенциометр постоянным резистором, имеющим такое же сопротивление.

Детектор и УПТ АРУ предварительной настройки не требуют.

Настройку платы 2 (см. рис. 4) начинают с настройки предварительного усилителя НЧ. Выпаивают конденсатор *2C15* из платы и подключают к выходу каскада (контакт *9*) осциллограф. На базу транзистора *2T5* через разделительный конденсатор емкостью 10 мкФ подают с НЧ генератора напряжение такой амплитуды, чтобы наблюдалось двустороннее ограничение сигнала. Подбором сопротивления резистора *2R18* добиваются симметричного ограничения огрицательных и положительных полуволн сигнала.

Далее нужно проверить работу гетеродина 500 кГц. Для этого подключают осциллограф к эмиттеру транзистора *2T7*. При отсутствии генерации увеличивают емкость конденсатора *2C21* или уменьшают емкость конденсатора *2C22*. Подбором сопротивления резистора *2R25* добиваются максимальной амплитуды генерируемых колебаний, а изменением отношения емкостей *2C21* и *2C22* — неискаженной формы колебаний. Подключают осциллограф к эмиттеру

транзистора *2Т6*. Подбором сопротивления резистора *2R23* добиваются неискаженной формы генерируемого сигнала на выходе эмиттерного повторителя.

Переключают осциллограф на выход фильтра нижних частот. Отключают конденсатор *2С7*. На базу транзистора *2Т3* через конденсатор емкостью 1000 пФ подают от ГСС немодулированное ВЧ напряжение частотой 501,5 кГц (при этом на выходе фильтра нижних частот должен появиться сигнал частотой 1,5 кГц) и амплитудой около 0,1 В. Контакт *4* платы соединяют с плюсом источника питания (контакт *1*). Подстроенным сердечником катушки *2L1* добиваются максимальной амплитуды сигнала на экране осциллографа. Отсоединяют осциллограф. В разрыв коллекторной цепи транзистора *2Т3* (точку *а*) включают миллиамперметр. Подбором сопротивления резистора *2R10* устанавливают коллекторный ток транзистора около 1,5 мА. Восстанавливают коллекторную цепь транзистора *2Т3* и устанавливают конденсатор *2С7* на плату.

Теперь снимают с платы конденсатор *2С3*. Выход ВЧ генератора через конденсатор емкостью 1000 пФ подключают к базе транзистора *2Т1*. Подают такое ВЧ напряжение частотой 501,5 кГц, чтобы наблюдалось небольшое двустороннее ограничение сигнала на экране осциллографа, подключенного к коллектору транзистора *2Т1*. Подбирают сопротивление резистора *2R2* по симметричному двустороннему ограничению сигнала. Устанавливают конденсатор *2С3* на плату.

Подключают высокоомный выход генератора на вход электромеханического фильтра *2Ф1*. Подбирают емкость конденсатора *2С1*, добиваясь максимального коэффициента передачи фильтра. Изменяя сопротивление резистора *2R1* в пределах 75—270 кОм, добиваются минимальной неравномерности АЧХ фильтра. Как показал опыт, этот резистор иногда может быть исключен.

Устанавливают конденсатор *2С15* на место.

Настройку платы 3 (см. рис. 5) начинают с настройки каскада усилителя ПЧ. Соединяют контакт *5* платы с плюсом источника питания (контакт *7*). К контакту *6* подсоединяют осциллограф, на базу транзистора *3Т2* через конденсатор 1000 пФ подают ВЧ сигнал амплитудой около 0,1 В (конденсатор *3С9* предварительно удаляют). Устанавливают напряжение с генератора таким, чтобы на экране осциллографа наблюдалось небольшое двустороннее ограничение сигнала. Подбирают сопротивление резистора *3R6* так, чтобы ограничение сигнала было одинаковым как для отрицательной, так и для положительной полуволн. Отсоединяют генератор и устанавливают конденсатор *3С9* на плату.

Отпаивают конденсатор *3С5;* подают ВЧ напряжение на первый затвор транзистора *3Т1* через конденсатор емкостью 1000 пФ. Вращением сердечника катушки *3L3* добиваются максимальной амплитуды ВЧ сигнала на экране осциллографа. При этом уровень сигнала от ВЧ генератора должен поддерживаться таким, чтобы нелинейные искажения сигнала на экране осциллографа не наблюдались. Отключают ГСС.

На вход платы (контакт *3*) через конденсатор емкостью 1000 пФ подключают высокоомный выход генератора качающейся частоты (ГКЧ). Выносной пробник ГКЧ подключают к контуру *3L2 3С3*. Подключают конденсаторы переменной емкости *С2* и *С3*. Среднюю частоту ГКЧ устанавливат 6,25 МГц. Выводят роторы конденсаторов *С2* и *С3* примерно на 80°. Подстроечными сердечниками катушек *3L1* и *3L2* настраивают контуры на частоту 6,25 МГц. Подбором емкости конденсатора *3С2* добиваются критической связи между контурами.

Выводят роторы конденсаторов *С2* и *С3* на 120°. Подключают подстроечные конденсаторы *С4* и *С5*. Вращением их роторов настраивают контура на частоту 6,5 МГц. Теперь полностью вводят роторы конденсаторов *С2* и *С3*. Вращением подстроечных сердечников катушек настраивают контуры на частоту 6 МГц. Повторяют описанные операции несколько раз до укладки диапазона перестройки контуров в указанные границы.

Устанавливают конденсатор *3С5* на плату и отключают ГКЧ.

Настройку платы 4 (см. рис. 6) начинают с проверки наличия колебаний гетеродина. Это можно сделать с помощью тестера с самодельным ВЧ пробником, конструкция которого неоднократно описывалась в радиолюбительской литературе. Лучше всего, однако, использовать широкополосный осциллограф,

который позволяет видеть неискаженный выходной сигнал. Опыт показал, что форма генерируемых колебаний, снимаемых с затвора транзистора *4T1*, остается неискаженной при изменении положения отвода катушки *4L1* в широких пределах. Широкополосный осциллограф подключают к истоку транзистора *4T3*. Изменяя сопротивление резистора *4R5*, добиваются неискаженного ВЧ сигнала на экране осциллографа. Подключают осциллограф к контакту *3*. Подбирают сопротивление резистора *4R6* так, чтобы получить неискаженную форму сигнала.

Затем подключают конденсаторы *C6* и *C7*. Контролируя частоту генерируемых колебаний, укладывают диапазон перестройки частоты гетеродина в границы 5,5—6 МГц. При частоте 6 МГц ротор конденсатора C6 должен быть выведен на 120°.

Настройку платы 7 (см. рис. 10) начинают с установки частоты кварцевого калибратора 50 000±0,1 Гц. Лучше всего это сделать с помощью электронно-счетного частотомера. Можно воспользоваться и следующим методом. В Европейской части СССР хорошо слышны радиостанции, передающие эталоны частот 5000, 10 000 и 15 000 кГц. Настраиваясь вспомогательным приемником на сигнал одной из таких станций, одновременно подают на вход этого приемника сигнал от кварцевого калибратора. Вращением ротора подстроечного конденсатора *7C3* устанавливают частоту калибратора по нулевым биениям. Если частоту калибратора точно установить не удается, нужно изменить емкость конденсатора *7C4* (уменьшить емкость *7C4*, если тон биений понижается при выведении ротора конденсатора *7C3*, или увеличить, если тон понижается при увеличении емкости *7C3*).

Настройка интерполяционного приемника теперь не представляет трудности. Платы устанавливают в свои функциональные узлы и проводят необходимые соединения.

Включают питание. На вход приемника (коаксиальный разъем Ш3) подают сигнал кварцевого калибратора (плата 7). Каким-либо методом точно укладывают частоты принимаемого диапазона (6—6,5 МГц) и градуируют шкалу. Для нанесения меток шкалы через 10 кГц рекомендуется использовать ГСС, частота которого контролируется электронно-счетным частотомером или в крайнем случае гетеродинным частотомером (например, широко распространенным гетеродинным частотомером **Ч4-1**).

Движок переменного резистора R3 при выполнении этих операций должен всегда находиться в среднем положении!

Настройку платы 5 (см. рис. 7) начинают с регулировки первого гетеродина. Соединяют контакты *9* и *6* платы. Связывают петлей связи ламповый вольтметр (можно использовать самодельный высокочастотный пробник — приставку к тестеру) и контур *5L15C16*. Вращением сердечника катушки *5L1* добиваются максимальных показаний вольтметра. Затем размыкают контакты *9* и *6* и замыкают контакты *9* и *5*. Подстроечным конденсатором *5C9* добиваются максимальных показаний вольтметра. Если генерация не возникает, подбирают емкость конденсатора *5C8*.

Аналогично настраивают гетеродин при замкнутых контактах *9* и *4*, *9* и *3*. Смеситель предварительной настройки не требует.

Настройку платы 6 (см. рис. 8) проводят при установленных в субшасси конвертера платах *5* и *6*.

Делают все необходимые электрические соединения и подают питание на конвертер. Переводят переключатель диапазонов *B5* в положение «80 м». На вход конвертера подают сигнал от ГКЧ, выход которого имеет нагрузку 75 Ом. Пробник ГКЧ подключают к разъему *Ш4*. Отпаивают провод, идущий от контакта *9* платы *5* к подвижному контакту переключателя *B5д*. Устанавливают среднюю частоту ГКЧ равной 3,5 МГц. Последовательным вращением подстроечных сердечников контуров полосового фильтра диапазона 80 м добиваются максимального коэффициента передачи во всей полосе прозрачности фильтра (от 3,45 до 3,7 МГц по уровню —3 дБ).

Аналогично настраивают полосовые фильтры других диапазонов. Настройку полосовых фильтров диапазона 20 м рекомендуется проводить, начиная с контура *6L17 6C16* (*6L29 6C25* для диапазона 15 м).

Затем восстанавливают соединение между контактом *9* платы *5* и подвижным контактом переключателя *В5д*.

В заключение нужно произвести установку частот первого гетеродина. Включают режим «Калибровка» (плату кварцевого калибратора предварительно устанавливают в субшасси конвертера и производят необходимые электрические соединения). Настраивают приемник на одну из частотных меток калибратора в диапазоне 15 м. Устанавливают шкалу приемника на деление, соответствующее частоте метки, и вращением ротора конденсатора *5С9* настраивают на нулевые биения. На остальных диапазонах подстройку частоты первого гетеродина нужно производить соответствующими подстроечными конденсаторами.

Настройку системы АРУ (см. рис. 4) производят при подаче на вход приемника напряжения ВЧ от ГСС.

Устанавливают выходное немодулированное напряжение генератора около 10 мкВ и частоту в пределах любительского диапазона 20 м. Настраивают приемник на частоту сигнала ГСС. Переключатель *В2* должен быть в положении «РРУ», а движок резистора *R2* — в положении, обеспечивающем максимальную чувствительность приемника. Частоту биений на выходе приемника устанавливают около 1,5 кГц.

Движок резистора *1R24* устанавливают в нижнее (по схеме) положение, тумблер *В2* переводят в положение «АРУ». Вращением движка резистора *1R25* добиваются максимальной громкости сигнала на выходе приемника. Изменением положения движка резистора *1R24* устанавливают желаемый порог срабатывания АРУ.

Градуируют S-метр (см. рис. 4) при подаче на вход приемника различных уровней ВЧ напряжения от ГСС.

Тумблер *В2* переводят в положение «РРУ». Движок резистора *1R22* должен находиться в верхнем по схеме положении. Подают от ГСС напряжение 6100 мкВ, соответствующее сигналу силой *S*9+40 дБ, и настраивают приемник на частоту сигнала ГСС. Движок резистора *R2* устанавливают в положение, обеспечивающее нормальную громкость сигнала на выходе приемника при близком к нижнему (по схеме) положении движка резистора *R1*. Это положение движка резистора *R2* следует запомнить.

Теперь находят такое положение движка резистора *1R22*, чтобы стрелка прибора S-метра отклонялась почти до максимума. Подавая от ГСС на вход приемника различные уровни напряжения ($U_{вх}$) в соответствии с табл. 6, градуируют S-метр.

Таблица 6

Сила сигнала	9+40 дБ	9+30 дБ	90+20 дБ	9+10 дБ	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$U_{вх}$, мкВ	6100	1900	610	190	61	31	15	7,7	3,9	1,9	0,97	0,49	0,24

Регулировка динамического диапазона приемника. Приемник настраивают на частоту 21 100 кГц и включают его, как показано на рис. 25. Здесь аттенюатор может отсутствовать. Один из генераторов ВЧ настраивают на частоту 21 110 кГц, а другой — 21 120 кГц. С генераторов подают немодулированный сигнал такого уровня, чтобы на выходе приемника прослушивалась помеха от взаимной модуляции. Аттенюатор приемника должен быть при этом выключен, а усиление по ПЧ — максимальным. Замечают показания милливольтметра стенда.

Последовательно изменяя сопротивление резистора *3R4* от 200 до 750 Ом и резистора *3R3* от 200 до 400 Ом, добиваются снижения уровня помехи от взаимной модуляции.

Аналогично, подбирая сопротивления резистора 5R4 и 5R5 (см. рис. 8) в указанных пределах, добиваются снижения уровня помехи от взаимной модуляции в первом смесителе.

Аналогично проводится регулировка УВЧ. Здесь сопротивления резистора *6R1* (см. рис. 9) подбираются от 100 до 200 Ом, а резистора *6R2* — от 75 до 200 Ом.

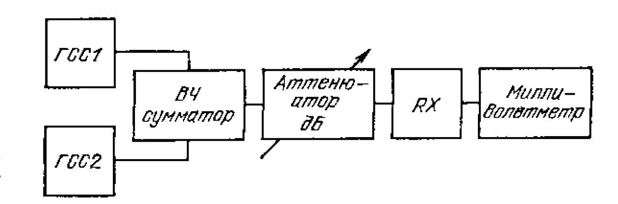


Рис. 25. Стенд для регулировки динамического диапазона приемника

Следует заметить, что при изменении сопротивлений резисторов *3R4* и *5R4* коэффициенты усиления соответствующих смесителей могут значительно меняться. (Для полевых транзисторов КП306В максимальный коэффициент усиления смесительного каскада соответствовал сопротивлению указанных резисторов 750 Ом.) Это может привести к уменьшению динамического диапазона приемника из-за избыточного коэффициента усиления входных каскадов. Поэтому описанную операцию следует повторить еще 1—2 раза, добиваясь того, чтобы уровень взаимной модуляции был минимально возможным, а чувствительность приемника соответствовала значениям, рекомендованным в § 1.

Возможные схемотехнические изменения

При разработке приемника «База» были опробованы различные схематические варианты отдельных узлов и каскадов. Здесь предлагаются некоторые решения, хорошо зарекомендовавшие себя на практике.

Замена транзисторов КП302, КП306. При отсутствии транзисторов КП302 можно использовать транзисторы КП303Е. При отсутствии двухзатворных полевых транзисторов преобразователь частоты приемника можно собрать на транзисторной сборке БС-1. Сборка содержит два полевых и два биполярных транзистора. Схема преобразователя частоты, использующего сборку БС-1, приведена на рис. 26. Смеситель собран на полевых транзисторах *T1* и *T2* по квазибалансной схеме. В схеме гетеродина применен биполярный транзистор *T4*. Напряжение питания гетеродина стабилизировано электронным стабилизатором на транзисторе *T3* и кремниевом стабилитроне *Д1*.

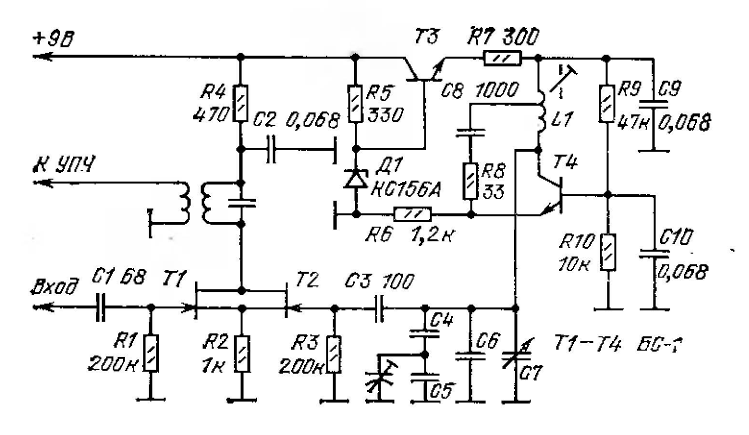


Рис. 26. Принципиальная схема преобразователя частоты на сборке БС-1

По аналогичной схеме можно собрать и смеситель конвертера, использовав полевые транзисторы КП302 или КП303.

SSB-детектор на транзисторах. Вместо SSB-детектора с кольцевым диодным смесителем можно использовать детектор по схеме на рис. 27. Здесь применен балансный смеситель на транзисторах *T1* и *T2*. Напряжение гетеродина (транзистор *T4*) подается на эмиттеры транзисторов балансного смеси-

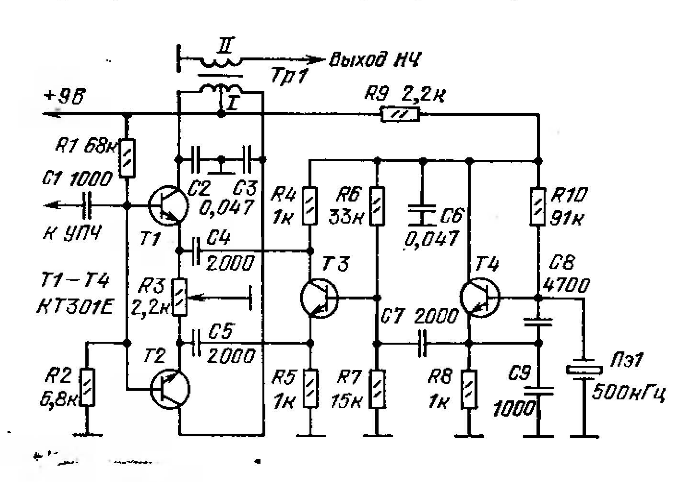


Рис. 27. Принципиальная схема SSB-детектора на транзисторах

теля в противофазе, для чего используется фазоинвертирующий каскад на транзисторе *T3*. Трансформатор *Тр1* — выходной от приемника «Банга». Конденсаторы *C2* и *C3* образуют фильтр нижних частот. Во избежание наводок на трансформатор *Тр1* его необходимо поместить в металлический экран, например из листовой жести, соединенный электрически с общим проводником печатной платы.

Дедектор удобно выполнить на транзисторной сборке БС-1. Полевые транзисторы сборки следует использовать в балансном смесителе. Применение полевых транзисторов значительно повышает входное сопротивление смесителя и позволяет подключить SSB-детектор, непосредственно к контуру в цепи коллектора транзистора последнего каскада усилителя ПЧ. При использовании полевых транзисторов в схеме смесителя резистор *R1* исключают, а сопротивление резистора *R2* выбирают от 100 до 200 кОм.

Усилитель НЧ. Если предполагается работа приемника только на головные телефоны или маломощный динамический громкоговоритель, можно в качестве основного УНЧ использовать усилитель на маломощных транзисторах (рис. 28). Усилитель в основном повторяет усилитель, используемый в карманном промышленном приемнике «Этюд». Усилитель рассчитан на работу с двумя парами головных телефонов, имеющими внутреннее сопротивление 65 Ом, или с одной динамической головкой мощностью до 0,25 Вт и сопротивлением 60 Ом [4].

Синтезатор частоты первого гетеродина. Применение в первом гетеродине синтезатора частоты позволяет отказаться от набора кварцевых резонаторов. Введение синтезатора может также потребоваться при добавлении новых радиолюбительских диапазонов или расширении существующих. При этом можно также выбрать в приемнике другой диапазон перестройки первой ПЧ.

Схема синтезатора частоты первого гетеродина приведена на рис. 29 и 30. Для создания сетки опорных частот служит кварцевый генератор на резонаторе *Пэ1*, имеющий частоту 500 кГц. Генератор собран на двух элементах И—НЕ (*МС1а* и *МС1б*) по схеме мультивибратора. Колебания подаются на буферный каскад, собранный на элементе *МС2а*, и одновременно на делитель частоты.

Делитель частоты образован элементами *МС1в* и *МС1г*, включенными по схеме триггера со счетным входом, и служит для получения частоты 250 кГц, используемой для калибровки шкалы приемника. С выхода триггера сигнал ВЧ поступает на один из входов элемента *МС2г*. При включении приемника в режиме «Калибровка» на второй вход этого элемента через выключатель *В1* подается напряжение +5 В. При этом на выходе элемента появляется напряжение ВЧ, которое через конденсатор *С10* подается на вход приемника.

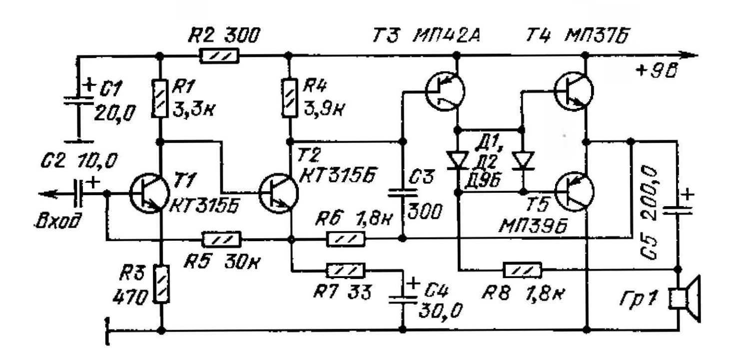


Рис. 28. Принципиальная схема усилителя НЧ на маломощных транзисторах

С элемента *МС2а* прямоугольные импульсы с частотой 500 кГц подаются на дифференцирующее звено *R3C5*. С его выхода снимаются импульсы малой длительности положительной полярности, что позволяет получить широкий спектр гармоник частоты 500 кГц. Эти импульсы поступают на вход фазоинвертирующего каскада, собранного на элементах *МС2б* и *МС2в*. С выходов этих элементов сигнал ВЧ поступает на фазовый детектор, собранный на диодах *Д2* и *Д3* с соответствующими резисторами. На детектор через конденсатор *С8* поступает также напряжение ВЧ от управляемого генератора.

С выхода фазового детектора постоянное напряжение поступает на УПТ, собранный на составном транзисторе *Т1* и *Т2*. Рабочая точка УПТ задается потенциометром *R10*. С выхода УПТ управляющее напряжение через переключатель *В2* («Синхронизация включена») поступает на генератор.

Индикация состояния системы ФАПЧ осуществляется за счет того, что при неравенстве частот управляемого генератора и гармоники опорного сигнала, наблюдаемом при срыве синхронизации, на выходе фазового детектора появляется переменное напряжение. Оно усиливается составным транзистором и через фильтр нижних частот *R19 R20 С17 С18* поступает на УНЧ, собранный на микросхеме *МС3*. Усиленный сигнал выпрямляется диодами *Д6* и *Д7* и подается на электронный ключ, собранный на транзисторе *Т3*. При синхронизации системы ФАПЧ ключевой транзистор закрыт и светодиод не излучает. При срыве синхронизации на выходе ключа устанавливается низкий уровень и светодиод индицирует отсутствие синхронизации.

Переключателем *В2* можно выключить синхронизацию. Этот режим используется при изменении частоты синтезатора в пределах заданного поддиапазона и при работе приемника в режиме обзора. Так как на управляющий варикап с УПТ поступает постоянное напряжение, то при выключенной синхронизации будет наблюдаться сдвиг частоты управляемого генератора. Для компенсации этого сдвига при выключенной синхронизации на варикап с резистора *R24* через переключатель *В2* подается постоянное напряжение смещения.

Управляемый генератор ВЧ (см. рис. 30) собран на полевом транзисторе *Т1* по индуктивной трехточечной схеме. Рабочие поддиапазоны генератора переключаются катушками индуктивности и конденсаторами, входящими в колебательный контур. Перестройка в пределах каждого поддиапазона производится переменным конденсатором $C_к$. Данные катушек индуктивности и емкостей колебательных контуров не приводятся, так как они зависят от зна-

чения выбранной первой ПЧ. Питание генератора стабилизировано стабилитроном *Д1*.

Автоматическая подстройка частоты генератора осуществляется варикапом *Д2* от управляющего напряжения, поступающего с выключателя *В2* (см. рис. 29).

Рис. 29. Синтезатор частоты первого гетеродина. Принципиальная схема системы ФАПЧ

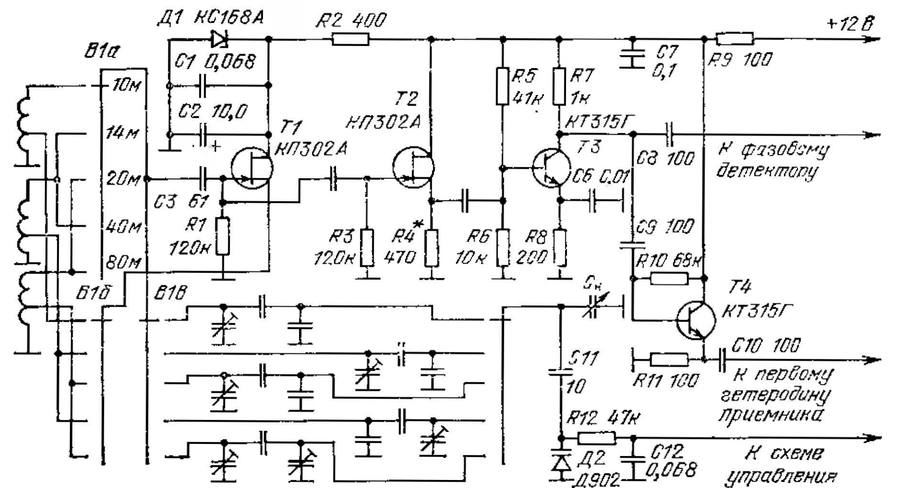


Рис. 30. Синтезатор частоты первого гетеродина. Принципиальная схема управляемого генератора

Генерируемое напряжение ВЧ поступает на истоковый повторитель, собранный на транзисторе *Т2*, и УВЧ на транзисторе *Т3*. С выхода усилителя ВЧ сигнал подается на фазовый детектор и эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе *Т4*. С выхода эмиттерного повторителя напряжение ВЧ поступает в цепь первого смесителя приемника.

Элементы синтезатора частоты размещают на одной печатной плате. При разработке платы выполнялось требование минимальной длины соединительных проводников. Группы «управляемый генератор» и «фазовый детектор с УПТ» располагают поблизости, но заключают в отдельные экраны. Элементы усилителя НЧ системы индикации состояния ФАПЧ удаляют от проводников, по которым протекают токи ВЧ.

Синтезатор конструктивно выполнен в прямоугольном кожухе, изготовленном из толстых алюминиевых листов. Вывод напряжения ВЧ из кожуха осуществляется через коаксиальный разъем.

Настройку синтезатора частоты начинают с установки частоты кварцевого генератора. Для этого к выходу первого инверторного каскада (элемент *МС2а*, см. рис. 29) подключают электронный частотомер, например типа ЧЗ-36. Вращением ротора подстроечного конденсатора *С3* устанавливают частоту генерируемых колебаний 500 000,0±0,1 Гц. Если добиться этого не удается, подбирают емкость конденсатора *С4*.

Настройка управляемого генератора сводится к укладке рабочих поддиапазонов. Переменное напряжение на выходе эмиттерного повторителя управляемого генератора должно иметь гармоническую форму и амплитуду около 2 В.

Настройку фазового детектора начинают при отключенной синхронизации. Сопротивление резистора *R17* (см. рис. 29) устанавливают максимальным. Резистором *R10* устанавливают напряжение на коллекторе составного транзистора +6,5 В. Если этого сделать не удается, подбирают сопротивление резистора *R18*.

К коллектору составного транзистора через конденсатор емкостью 0,01 мкФ подключают высокоомные головные телефоны и прослушивают наличие биений между частотой управляемого генератора и гармониками опорной частоты. Между двумя соседними гармониками могут прослушиваться также дополнительные биения, но они малы по амплитуде и не участвуют в процессе синхронизации. Градуировку шкалы управляемого генератора производят по нулевым биениям с гармониками опорной частоты.

Далее проверяют работу цепи синхронизации. Следует помнить, что благодаря цепочке отрицательной обратной связи *R16, C15* усилитель постоянного тока играет роль активного фильтра нижних частот.

К коллектору составного транзистора подключают вольтметр постоянного тока с высоким входным сопротивлением. Частоту управляемого генератора устанавливают на одну из меток шкалы. Включают цепь синхронизации и медленно вращают ось переменного конденсатора управляемого генератора. Показания вольтметра должны изменяться от 2,5 до 10 В.

Теперь нужно оптимизировать усиление цепи регулирования. Для этого чувствительным приемником прослушивают частоты вблизи частоты синхронизированного управляемого генератора. Если прослушивается сильный шум в выходном сигнале синтезатора, то излишнее усиление цепи регулирования снижают резистором *R17*.

Радиоприемник «База-М». Выбранный принцип построения приемника в виде отдельных функционально законченных узлов позволил осуществить последовательную модернизацию приемника за короткий срок. Новый вариант приемника, получивший название «База-М» демонстрировался на XXX Всесоюзной и XXVIII Московской городской выставках творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ. Приемник «База-М» имеет следующие схемотехнические отличия.

Для работы совместно с трансиверной приставкой добавлен высокочастотный разъем, на который через отрезок коаксиального кабеля подается сигнал с выхода платы второго гетеродина. Этот сигнал, имеющий одну из частот в диапазоне 5,5—6,0 МГц, смешивается в приставке с однополосным или телеграфным сигналом, сформированным на частоте 500 кГц. На выходе смесителя выделяется сигнал с частотой 6,0—6,5 МГц. В следующем смесителе он пре-

образуется в сигнал, лежащий по частоте в радиолюбительском диапазоне. Далее происходит усиление сигнала по напряжению и мощности.

В приемнике «База-М» введена также электронная коммутация расстройки частоты второго гетеродина. При включении трансиверной приставки на передачу с нее на приемник поступает сигнал с уровнем логического нуля. Срабатывает схема коммутации и расстройка частоты выключается. При этом вращение ручки «RIT» не изменяет частоту второго гетеродина. При переходе на прием с приставки поступает сигнал с уровнем логической единицы, и расстройка приемника автоматически включается. Система расстройки частоты второго гетеродина может также выключаться тумблером, расположенным на передней панели приемника рядом с ручкой «RIT». При выключенной системе «RIT» передача и прием производятся строго на одной и той же частоте.

В приемнике «База-М» каскады усилителя НЧ платы *1*, собранные на транзисторах *1T1—1T7* (см. рис. 3), заменены усилителем на микросхеме К174УН7, включенной по стандартной схеме. Полосовой телеграфный фильтр и фильтр НЧ платы *1* заменены на телеграфно-телефонный фильтр, собранный на двух операционных усилителях типа К140УД1А. При переводе тумблера «Полоса НЧ» в положение «Узкая» полоса пропускания такого фильтра по уровню —6 дБ составляет около 180 Гц при центральной частоте около 850 Гц. При переводе тумблера в положение «Широкая» полоса пропускания фильтра расширяется, и становится возможным прохождение сигналов речевого спектра.

Фильтр ЭМФ-9Д-500-3В с платы 2 (см. рис. 4) перенесен на плату 3. В остальном плата 2 осталась без изменения.

На плате 3 (см. рис. 5) проведены следующие переделки. Контурные катушки *3L1* и *3L2* намотаны на каркасах, имеющих меньшие размеры. Для связи с платой 5 поверх катушки *3L1* намотана катушка связи, имеющая такое количество витков, чтобы входное сопротивление полосового фильтра составляло около 75 Ом. Упомянутый полосовой фильтр, составленный из элементов *3L1, 3C1, 3C2, 3L2, 3C3,* сделан неперестраивающимся (исключены конденсаторы *C2, C4, C3* и *C5*). Уменьшение размеров экранов катушек позволило разместить на этой плате электромеханический фильтр. Входная обмотка фильтра включена в цепь стока транзистора *3T1* вместо катушки *3L3*. Для настройки входной цепи фильтра в резонанс параллельно входной обмотке включается конденсатор емкостью 75 пФ. Выходная обмотка фильтра включается вместо катушки индуктивности *3L4*. Для настройки выходной цепи фильтра параллельно ей также включен конденсатор емкостью 75 пФ. В качестве транзистора *3T2* применен транзистор типа КТ325А.

Вместо микросхемы БС-1 на плате 4 (см. рис. 6) применены дискретные элементы. Собственно гетеродин собран на полевом транзисторе типа КП3[illegible]Б по емкостной трехточечной схеме. С гетеродином слабо связан двухкаскадный усилитель, собранный на биполярных транзисторах типа ГТ308Б по схеме с непосредственными связями. С выхода этого усилителя сигнал гетеродина поступает на второй смеситель (плата 3, рис. 5), а также на истоковый повторитель и далее — на трансиверную приставку.

На плате 5 (см. рис. 7) в цепь стока транзистора *5T1* вместо резистора *5R3* включен первый колебательный контур неперестраиваемого двухзвенного полосового фильтра. Второй колебательный контур этого фильтра через обмотку связи подключается к каскаду широкополосного усилителя ВЧ, собранному на транзисторе типа КТ911Б по схеме с общей базой. Благодаря применению мощного биполярного транзистора и введению отрицательной обратной связи по напряжению каскад имеет большой динамический диапазон и не ухудшает линейных свойств приемника, так как его усиление выбрано таким, что он лишь компенсирует затухание сигнала в двух двухзвенных фильтрах (один — на выходе первого смесителя, другой — на входе второго смесителя). Параметры этих фильтров выбраны такими, что сквозная амплитудно-частотная характеристика тракта с выхода первого смесителя до входа второго смесителя имеет полосу пропускания по уровню — 1 дБ от 6,0 МГц до 6,5 МГц.

Платы 6 и 7 приемника «База-М» не отличаются от соответствующих плат приемника «База».

Несколько изменена схема платы 8 (см. рис. 11). Здесь введен дополнительный дифференциальный усилитель управляющего напряжения. Это позволило улучшить параметры стабилизатора напряжения.

Заключение

Приемник используется автором на радиостанции UA3AKS.

Антенной приемника служит провод длиной около 20 м. Приемник эксплуатируется вместе с телеграфным передатчиком мощностью около 40 Вт. Для передатчика используется антенна типа «длинный провод» длиной 75 м.

Отметим, что оптимальные условия работы приемника создаются при использовании настроенных антенн.

Хорошая устойчивость приемника к действию перекрестной и взаимной модуляции позволила автору успешно эксплуатировать его в городских условиях, где в радиусе нескольких сотен метров расположено несколько любительских радиостанций первой категории и мощных служебных радиостанций.

Способность приемника выдерживать действие мощного сигнала позволяет с нормальной громкостью прослушивать работу собственного передатчика. Вход приемника при этом не закорачивается, и антенна не отключается. В сочетании с манипуляцией в блоке задающего генератора передатчика это позволяет прослушивать эфир в паузах между телеграфными посылками.

Эксплуатация приемника показала, что, хотя описанный телеграфный низкочастотный фильтр весьма эффективен, его зачастую недостаточно для выделения полезного телеграфного сигнала среди других сильных и близких по частоте сигналов. Если предполагается часто использовать приемник в таких условиях, например при работе в телеграфных соревнованиях или в узких участках диапазонов, рекомендуется в тракт второй ПЧ ввести узкополосный электромеханический фильтр, например типа ЭМФ-9Д-500-0,6С. Другой возможностью является замена описанного телеграфного фильтра активным полосовым фильтром НЧ, выполненным на транзисторах или, что более эффективно, на интегральных микросхемах операционных усилителей.

В целом эксплуатация приемника показала, что он надежен и эффективен в работе, прост и удобен в обращении.

Список литературы

1. **Голубев В. Н.** Эффективная избирательность радиоприемных устройств. — М.: Связь, 1978.
2. **Fisk J. R.** Reseiver noise figure, sensitivity and dynamik range-whot the numbers mean. — HAM-radio magazine, 1975, oct. p. 8.
3. **Рейнфельдер В.** Разработка малошумящих входных цепей на транзисторах. — М.: Связь, 1967.
4. **Белов И. Ф., Дрызго Е. В.** Справочник по транзисторным радиоприемникам, радиолам и электрофонам. — М.: Сов. радио, 1976.

ОГЛАВЛЕНИЕ

АЛЕКСЕЙ ВОЛЬФОВИЧ БЕЗРУКОВ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ СВЯЗНОЙ ПРИЕМНИК

Редактор издательства Т. В. Жукова
Обложка художника А. М. Назаренко
Художественный редактор Г. Н. Кованов
Технический редактор Л. А. Горшкова
Корректор З. Г. Галушкина

ИБ № 568

Сдано в набор 01.11.82 г. Подписано в печать 23.12.82 г.
Т-22919 Формат 60×90/16 Бумага тип. № 2 Гарнитура литературная Печать высокая
Усл. печ. л. 2,5 Усл. кр.-отт. 2,875 Уч.-изд. л. 3,35 Тираж 60 000 экз. Изд. № 19457
Зак. № 141 Цена 25 к.
Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Главпочтамт, а/я 693

Типография издательства «Радио и связь» Госкомиздата СССР
101000 Москва, ул. Кирова, д. 40